

Math. A. 68

Dambeik

Die Naturgeschichte der Pflanzenwelt

von Carl von Crome

Band I. Die Pflanzenwelt

Die Pflanzenwelt der Gegend von Halle
und der Umgegend von Halle

Carl von Crome

Mit 10 Figuren

Halle,

Verlag von H. W. Schmidt

1864

Methodisches Lehrbuch
der
mathematischen Geographie
und
Astronomie

für mittlere Classen der Gymnasien und Realschulen
und obere Classen der Bürger- und gehobener Volksschulen,

von
Carl Dambek.

Mit 10 Figurentafeln.

Halle,

Druck und Verlag von H. W. Schmidt.

1864.

Methodisches Lehrbuch

der

mathematischen Geographie

und

Astronomie

für mittlere Classen der Gymnasien und Realschulen
und obere Classen der Bürger- und gelehrten Vorschulen



Bayerische
Staatsbibliothek
München

Mit 10 Figurentafeln

Halle

Verlag von H. W. Schmidt

1864

Den Herren Schuldirectoren

Dr. H. Schleiden,

Dr. Wichard Lange

widmet

diese Erstlingsschrift

in dankbarer Hochachtung,

der Verfasser.

Den Herren Schlichtern

Dr. H. Schleiden,

Dr. Richard Lange

Wilm

die Erbschaft

in London, London

der Verleger.

V o r r e d e.

Der Verfasser unterlässt es, in der Vorrede die Nothwendigkeit und Zweckmässigkeit des beregten Unterrichtes nachzuweisen, da dieses schon anderweitig in so gediegener Weise geschehen ist; vielmehr sieht er sich genöthigt, über den Zweck seiner Erstlingsarbeit einige Worte vorzuschicken und die geehrten Collegen, welche sein Buch benutzen wollen, um geneigte Nachsicht zu ersuchen, zugleich hieran aber die Bitte zu knüpfen, vorurtheilsfrei vom pädagogischen Standpunkt aus, die freundlich dargebotene Gabe zu beurtheilen. Der Zweck dieser Arbeit ist, in kurzer, möglichst klarer Sprache die Grundlehren der mathematischen Geographie und Astronomie in methodischer Folge zum Verständniss zu bringen. Der Verfasser ist dabei stets von der Beobachtung und Anschauung ausgegangen und zur Erklärung und Zeichnung fortgeschritten. Er konnte sich nicht entschliessen — trotzdem ihm alte gewiegte Pädagogen riethen — den Weg der Anschauung zu verlassen und das Ganze umzuarbeiten; sondern er beharrt, in diesem Sinne streng conservativ, bei dem Grundsatz Pestalozzi's und Diesterweg's. Das Ganze zerfällt in sechs Abtheilungen, deren erste den Horizont; die zweite, die Erscheinungen am Himmel; die dritte, die Erscheinungen auf dem Horizonte und Schlussfolgerungen; die vierte, die Erde als Weltkörper; die fünfte, das Sonnensystem, und die sechste, die Kräfte und Gesetze der Bewegungen behandelt. Den Schluss des Büchleins bildet die Entwicklung der drei Kepler'schen Gesetze. Der Verfasser hält sich überzeugt, sie nicht besser bieten zu können, als wenn er im Auszuge die Entwicklung derselben, wie sie sich in Professor Mädler's Astronomie findet, wiedergiebt. Dem Manne, dem die Gesetze ihre Entdeckung und ihren Namen verdanken, sei dadurch, dass sie den

Schlussstein und die Spitze des Gebäudes bilden, die schuldige Ehre dargebracht; dem Büchlein gereiche es zur Ehre und Zierde und dem Lernenden zum Nutz und Frommen. Nach jeder Abtheilung folgen Fragen und Aufgaben, die das Besprochene wiederholen und in neuer Weise durcharbeiten; darum eignet es sich sowol zum Selbst- als auch zum Schulunterricht. Indessen bin ich weit davon entfernt, dem trägen Lehrer eine Eselsbrücke bauen zu wollen. Die Fragen und Aufgaben sollen nur Fingerzeige sein und eine Anleitung geben, wie der Unterricht methodisch und analytisch-synthetisch zu behandeln sei. Im Privatgebrauch sind die Fragen und Aufgaben schriftlich zu beantworten und zu lösen und dann mit dem Buche zu vergleichen. Was nun die Schüler betrifft, für welche das Buch bestimmt ist, so fordert es den Bildungsgrad der mittleren Classen der Gymnasien und Realschulen und der oberen Classen der Bürger- und gehobener Volksschulen, und es wird für diese gewiss hinreichen, nutzbringenden Stoff zu bieten. Viele Leser und Kritiker werden manches darin vermissen; denen sei gesagt, dass ich nicht beabsichtigte, ein vollständiges Lehrbuch der Astronomie zu schreiben, sondern dass es mir nur um die kurze methodische Behandlung zu thun war, deshalb liess ich manches weg, z. B. das Capitel über Ebbe und Fluth, das meiner Ansicht nach in die physikalische Geographie gehört. Wer sich wissenschaftlich mit der Astronomie beschäftigen will, der wird zu Werken eines Mädler, Littrow und Bode seine Zuflucht nehmen. Immerhin hoffe ich, wird mein Buch dem Lehrer und Schüler einen anregenden Stoff zur Belehrung reichen. Ist das letztere der Fall, so ist mein Zweck erfüllt und die Mühe reichlich belohnt. Dies wolle Gott!

Hamburg den 29. Mai 1864.

Der Verfasser.

I n h a l t.

	Seite
I. Der Horizont	1
II. Die Erscheinungen am Himmel	5
A. Die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne	5
B. Die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne	10
a. Zeitdauer und Weg des Sonnenlaufes	10
b. Der verschiedene Stand der Sonne	13
c. Die Veränderung der Jahreszeiten	19
C. Erscheinungen am nächtlichen Himmel	24
a. Im Allgemeinen	24
b. Der Mond	27
c. Die Fixsterne	32
d. Die Planeten	40
III. Erscheinungen auf der Horizontfläche und Täuschun- gen der Sinne	42
A. Beobachtungen an Gegenständen, bei Bewegungen auf freiem Horizonte	42
B. Täuschungen der Sinne durch Bewegungen und Schlussfolgerungen	48
IV. Die Erde als Weltkörper	51
A. Die Erde	51
B. Der Mond	76
C. Die Finsternisse	82
V. Das Sonnensystem	85
A. Die Sonne	85
B. Das Sonnensystem	89
C. Die Planeten	93
D. Die Kometen	100

	Seite
VI. Kräfte und Gesetze der Bewegung	104
A. Gesetze der Bewegung	104
B. Kräfte und ihre Gesetze	108
a. Schwerkraft	108
b. Schwerkraft und Tangentialkraft	116
C. Die Kepler'schen Gesetze	120

I n h a l t

1	I. Der Horizont
2	II. Die Erscheinungen am Himmel
3	A. Die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne
10	B. Die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne
10	a. Zeitdauer und Weg des Sonnenlaufes
13	b. Der verschiedene Stand der Sonne
19	c. Die Veränderung der Jahreszeiten
24	C. Erscheinungen am nächtlichen Himmel
24	a. Im Allgemeinen
27	b. Der Mond
32	c. Die Fixsterne
40	d. Die Planeten
43	III. Erscheinungen auf der Horizontfläche und Tauschungen der Sinne
43	A. Beobachtungen an Gegenständen bei Bewegungen auf festen Horizonten
47	B. Tauschungen der Sinne durch Bewegungen und Schlingebewegungen
51	IV. Die Erde als Weltkörper
51	A. Die Erde
76	B. Der Mond
82	C. Die Planeten
82	V. Das Sonnensystem
82	A. Die Sonne
89	B. Das Sonnensystem
93	C. Die Planeten
100	D. Die Kometen

I. Der Horizont.

§. 1. Wenn man im Schulzimmer ist, so hat man unter sich den Fussboden; der Fussboden ist gewöhnlich viereckig und eben, liegt wagerecht oder wasserrecht. Befindet man sich aber im Freien, auf dem Felde, so ist unter den Füßen der Erdboden; der Erdboden sieht gewöhnlich rund und uneben aus; er hat fast immer kleine Erhöhungen und Vertiefungen; im Allgemeinen erscheint auch der Erdboden eben. Dort, wo wir auf dem Felde oder im Zimmer stehen, ist unser Standort.

§. 2. Ist man im Schulzimmer, so hat man über sich die Zimmerdecke und um sich die Zimmerwände; die Zimmerdecke ist gewöhnlich viereckig, zuweilen fünf- und achteckig, liegt stets wagerecht und ruht auf den Zimmerwänden. Treten wir in's freie Feld, so sehen wir über und um uns den Himmel; er ist rund, gewölbt wie das Innere einer Kirche und ruht mit seinem Rande auf der Erde, wie eine Glaskuppel auf einem Teller. Der Himmel bildet das Himmelsgewölbe oder Firmament.

§. 3. Stehen wir auf freiem Felde, so ist unter unsern Füßen und neben uns die Erdoberfläche mit ihren Wäldern, Wiesen und Aeckern, Sümpfen, Seen und Flüssen, Städten, Flecken und Dörfern, belebt von Menschen, Thieren und Pflanzen. Blicken wir uns um, so scheint die Erdoberfläche in der Ferne an dem Himmel zu endigen. Es ist ein Stück derselben, das aussieht wie eine grosse, flache, runde Scheibe. — Ueber uns ist der Himmel, der sich in der Ferne scheinbar auf die Erde senkt und dort aufzuhören scheint. Diese feine Linie, in welcher scheinbar Himmel und Erde zusammentreffen, heisst der Horizont, der natürliche Horizont.

§. 4. Der Horizont erscheint immer als krumme Linie, als der Rand der runden Erdscheibe; sind in der Ferne keine Häuser, Bäume und Berge zu sehen, so erscheint er als ein Kreis, auf dem offenen Meere als ein vollkommener Kreis, weil dort die Ferne durch nichts verdeckt werden kann. Wir mögen nun auf der Erde hinreisen, wohin wir wollen, überall wird uns der Horizont als eine der Kreisform sich mehr oder weniger nähernde Linie erscheinen. Der Horizont schliesst, wie jeder Kreis, eine Fläche ein, daher wird der Theil der Erdoberfläche, welchen wir übersehen können, die Fläche des Horizonts oder die Horizontfläche genannt. In ebenen Gegenden ist sie eben und regelmässig, in Gebirgsgegenden uneben und unregelmässig. Ebenso verhält es sich auch mit dem Horizonte; es giebt regelmässige und unregelmässige. Fig. 1.

§. 5. So lange wir auf unserm Standorte bleiben, sehen wir nur das, was auf der Horizontfläche ist. Sobald wir aber unsern Standort verändern, sehen wir in der Ferne Gegenstände, welche wir vorher nicht sahen, und Dinge, die wir vorhin deutlich gesehen, sind unserm Auge entschwunden. Daraus geht also hervor, dass unser Horizont ein anderer wird, wenn wir unsern Standort ändern.

§. 6. Sind wir in einer Ebene, so reicht unser Auge nur bis an den Rand, die Peripherie derselben; was über derselben hinausliegt, das können wir nicht sehen; es liegt ausser unserm Horizonte oder Gesichtskreise. Steigen wir aber auf einen Hügel oder Berg, so können wir weiter sehen als in der Ebene, denn unser Horizont ist ausgedehnter und grösser geworden als er vorhin war; steigt man noch höher, so wird auch der Horizont oder Gesichtskreis ausgedehnter. Also: Je höher man steht, desto ausgedehnter und grösser ist der Horizont oder Gesichtskreis. Es giebt daher enge und weite Horizonte. Auf der Erdoberfläche ist der Meerhorizont der weiteste, weil bei heiterem Himmel auf offener See die Aussicht durch nichts verdeckt werden kann. Fig. 2.

§. 7. Aus vielen Beobachtungen und Erfahrungen, zusammengestellt aus der Sichtbarkeit der Leuchtthürme, Feuer und Marken der Seefahrer, ist folgende Tabelle hervorgegangen.

Stand über der Meeres- fläche.	Radius des Hori- zonts. Meilen.	Stand über der Meeres- fläche.	Radius des Hori- zonts. Meilen.
25 Fuss	1,5	4500 Fuss	17,75
50 "	2	5000 "	19
100 "	3	6000 "	21
200 "	4	7000 "	23
300 "	5	8000 "	25
400 "	6	9000 "	27
500 "	6,5	10,000 "	29
600 "	7	11,000 "	30
700 "	7,5	12,000 "	31
800 "	8	13,000 "	32
900 "	8 5	14,000 "	33
1000 "	9	15,000 "	34
1500 "	10'25	16,000 "	35
2000 "	11'5	17,000 "	36
2500 "	12,7	18,000 "	37
3000 "	14	19,000 "	38
3500 "	15,5	20,000 "	39
4000 "	16,5	24,000 "	41,5
		25,000 "	43

Aus dieser Tabelle scheint folgende Gesetzmässigkeit für die Erweiterung des Horizontes hervorzugehen:

- Der Horizont erweitert sich bis zur Erhebung von 200 Fuss mit der Höhe von je 50 Fuss um 1 Meile.
- Von 200—1000 Fuss erweitert sich der Horizont bei Erhebung von je 100 Fuss um $\frac{1}{2}$ Meile.
- Von 1000—5000 Fuss erweitert sich derselbe mit jeder Erhebung von 100 Fuss um $\frac{1}{4}$ Meile.
- Bei der Höhe von 5000—10,000 Fuss ist die Erweiterung des Horizonts bei je 1000 Fuss Erhebung 2 Meilen.
- In der Höhe von 10—20,000 Fuss findet in je 1000 Fuss Erhebung eine Erweiterung des Horizonts von 1 Meile statt.

§. 8. Will man nun wissen, ob ein Thurm, Berg oder anderer hoher Gegenstand, von einem andern aus gesehen werden kann, versteht sich, wenn keine sonstigen Hindernisse im Wege sind, so muss man die Höhe beider Gegenstände über der Meeresfläche wissen; addirt man nun die Aussichtsweite von beiden zusammen und sie beträgt mehr als die gerade Entfernung derselben, so kann man den einen Gegenstand vom andern aus sehen; beträgt sie aber weniger als die directe Entfernung, so kann der eine

Gegenstand vom andern aus nicht gesehen werden. Z. B. Das Vorgebirge Stubbenkammer auf Rügen hat 432 Fuss Höhe über der Meeresfläche und man sieht von da aus die dänische Insel Möen, deren Ostufer 200 Fuss hoch sind. Nehmen wir nun statt 432 Fuss bei Stubbenkammer 500 Fuss, so ist der Radius des Horizonts 6,5 Meilen und für Möen bei 200 Fuss, 4 Meilen, so ist $6,5 + 4 = 10,5$ Meilen. Da nun beide gerade $10\frac{1}{2}$ Meilen von einander entfernt sind, so muss Möen von Stubbenkammer aus gesehen werden können, was auch wirklich der Fall ist.

§. 9. Sind wir auf freiem Felde, so stehen wir in der Mitte der Horizontfläche, unser Standpunkt liegt in der Mitte der Horizontfläche. Diese wird von der Kreislinie oder Peripherie eingeschlossen. Die Horizontperipherie wird, wie jede andere Peripherie, in 360 gleiche Theile getheilt. Ein jeder Theil heisst Grad ($^{\circ}$). Denken wir uns von unserm Standpunkte eine Linie nach der Horizontperipherie, so ist das ein Halbmesser; eine gerade Linie von der Horizontperipherie durch unsern Standpunkt nach der entgegengesetzten Seite der Horizontperipherie bildet einen Durchmesser; die Endpunkte des Durchmessers liegen 180° von einander. Stellt dies durch eine Zeichnung dar! Fig. 3.

§. 10. Auf der Horizontfläche stehen wir gerade, lothrecht, senkrecht oder vertikal. Man kann diese Richtung durch ein Loth versinnlichen. Verlängert man diese Richtung nach unten, so giebt sie den Fusspunkt an, nach oben aber bezeichnet sie am Himmel über unserm Scheitel, den Scheitelpunkt (das Zenith). Der Fusspunkt liegt in der Mitte der Horizontfläche, der Scheitelpunkt in der Mitte des Himmelsgewölbes. Die Linie vom Scheitelpunkt zum Fusspunkt heisst Vertikallinie; sie bildet mit jedem Durch- und Halbmesser einen rechten Winkel.

§. 11. Von einem Punkte der Horizontperipherie durch den Scheitelpunkt nach einem entgegengesetzten Punkte in der Horizontperipherie denkt man sich Bogen gelegt, diese müssen, weil der Scheitelpunkt in der Mitte des Himmelsgewölbes liegt, Halbkreise sein, also 180° . Der Scheitelpunkt ist also 90° von einem Punkte in der Horizontperipherie entfernt. Die Bogen stehen senkrecht auf der Horizontfläche und Horizontperipherie. Diese Halbkreise kann man sich zu ganzen Kreisen ergänzt denken und sie Scheitel- oder Vertikalkreise nennen. Fig. 4.

§. 12. Die Erde ist unter uns; sie sieht aus wie eine runde Scheibe.

Der Himmel ist über uns; er sieht aus wie eine hohle Halbkugel. Der Himmel scheint auf der Erde zu ruhen.

Der Horizont ist kreisförmig; er wird ein anderer, wenn wir unsern Standort verändern.

Er wird weiter, wenn wir in die Höhe steigen, und enger, wenn wir in die Tiefe dringen.

Fragen zur Wiederholung.

Welche Form haben der Fussboden, die Zimmerdecke, die Wände?
In welcher Richtung liegt jeder dieser Theile?

Unter welchem Winkel treffen sie zusammen?

Was für einen Raum schliessen sie ein?

Welche Form hat der Erdboden?

In welcher Richtung dehnt sich derselbe aus?

Welche Form hat der Himmel?

Wie heisst er daher?

Unter welchem Winkel treffen Erdboden und Himmelsgewölbe zusammen?

Wie heisst die Linie, in welcher Erdboden und Himmelsgewölbe zusammentreffen? Welchen Raum schliessen sie ein?

Welche Form hat der Horizont? Wie heisst der vom Horizont eingeschlossene Theil der Erdoberfläche? Wie können Horizontfläche und Horizont sein? Hat man stets denselben Horizont?

Was geschieht mit dem Horizont, wenn man sich erhebt? Wie berechnet man die Sichtbarkeit zweier von einander entfernter Gegenstände? Wie kann man den Horizont darstellen? Was ist der Durch- und was der Halbmesser? Welcher Horizont ist ein vollkommener Kreis?

Wie viele Grade der Horizontperipherie liegt der eine Endpunkt des Horizontdurchmessers von dem andern Endpunkte entfernt? Welchen Winkel bildet die Vertikallinie mit der Horizontfläche? Was ist eine Vertikallinie? Was ist ein Vertikalkreis? Wie viel Grade ist der Scheitelpunkt vom Horizont entfernt? In welcher Richtung liegt der Scheitelpunkt zu dem Standort?

II. Die Erscheinungen am Himmel.

A. Die scheinbare tägliche Bewegung der Sonne.

§. 13. Die Sonne kommt an jedem Tage des Morgens über unsern Horizont herauf; sie geht auf. Der Punkt des Horizonts, wo sie aufgeht, heisst der Aufgangspunkt. Die Gegend am

Horizonte, wo der Aufgang geschieht, heisst Osten, Ostgegend oder Morgengegend. Sie bleibt aber nicht an der Stelle des Himmels, wo sie aufgegangen ist, sondern nach einigen Stunden wird man bemerken, dass sie sich am Himmel fortbewegt hat. Sie erhebt sich am Vormittage immer mehr, bis sie Mittags den höchsten Stand an dem Tage erreicht hat; man sagt dann, die Sonne culminirt. Der Punkt am Himmel heisst der Culminationspunkt und die Zeit, die Culminationszeit. Denkt man sich durch den Culminationspunkt einen Vertikalkreis gelegt, so heisst dieser der Mittagskreis oder Meridian, weil der Ort Mittag hat, wenn die Sonne in diesem Vertikalkreise steht. Die Gegend des Horizontes, über welcher die Sonne des Mittags um 12 Uhr steht, heisst Süden, Südgegend oder Mittagsgegend.

§. 14. Von nun an senkt sie sich, und dies geschieht während des ganzen Nachmittags, bis sie am Abend unter den Horizont sinkt; sie geht unter. Der Punkt am Horizonte, wo die Sonne untergeht, heisst der Untergangspunkt. Die Gegend, wo es geschieht, Westen, Westgegend oder Abendgegend. Dies ist der tägliche Lauf der Sonne. Der Aufgang geschieht in der östlichen, der Untergang in der westlichen Gegend des Horizontes. Auch während der Nacht bewegt sie sich, denn sonst könnte sie am andern Morgen nicht wieder aufgehen. Um Mitternacht hat sie den tiefsten Stand unter dem Horizont erreicht. Die Gegend am Horizonte, wo dies geschieht, liegt der Mittagsgegend gerade gegenüber und heisst Norden, Nordgegend oder Mitternachtgegend, der Mittagskreis oder Meridian theilt sie in gleiche Theile. Westen liegt Osten, Norden liegt Süden gerade gegenüber. Fig. 5.

§. 15. Die Weltgegenden. Des Morgens geht die Sonne im Osten auf, des Mittags steht sie über Süden, des Abends geht sie im Westen unter, und um Mitternacht steht sie unter dem Horizonte im Norden. Osten, Süden, Westen, Norden sind Gegenden am Himmel, durch den verschiedenen Stand der Sonne bezeichnet, sie werden daher Himmels- oder Weltgegenden genannt. Sie theilen den Horizont in vier gleiche Theile; diese vier Weltgegenden heissen Hauptweltgegenden. Fig. 6. Zwischen zwei und zwei Hauptweltgegenden liegen andere, die Zwischenweltgegenden genannt werden; sie erhalten den Namen

beider Hauptweltgegenden zusammengesetzt. Es sind: Nordost, Südost, Südwest, Nordwest. Fig. 7. Zwischen zwei und zwei dieser acht Weltgegenden kann man sich wieder eine Gegend denken; so entstehen acht andere Gegenden, diese heissen denn Nebenweltgegenden. Es sind: Nord-Nordost, Ost-Nordost, Ost-Südost, Süd-Südost, Süd-Südwest, West-Südwest, West-Nordwest, Nord-Nordwest. Fig. 8.

§. 16. Die 16 Weltgegenden heissen nach der Reihe so: Nord, Nord-Nordost, Nordost, Ost-Nordost, Ost, Ost-Südost, Südost, Süd-Südost, Süd, Süd-Südwest, Südwest, West-Südwest, West, West-Nordwest, Nordwest, Nord-Nordwest (Nord). Setzen wir die Theilung fort, so entstehen 16 andere Punkte, und eine nochmalige Theilung giebt 32 Punkte; so entstehen die 64 Himmelsgegenden, wonach die Seefahrer die Winde benennen, die auf der Windrose verzeichnet sind. Fig. 9.

Befindet man sich auf freiem Felde und wendet am Mittage um 12 Uhr das Gesicht der Sonne zu, so hat man vor sich Süden, hinter sich Norden, links Osten und rechts Westen. Dreht man sich rechts um, so folgen Süden, Westen, Norden, Osten; links um folgen Süden, Osten, Norden, Westen. Nimmt man nun die oben angegebene Theilung vor, so findet man leicht die Zwischen- und Nebenweltgegenden.

§. 17. Befindet sich eine Windrose in einer hölzernen Kapsel, die oben einen Glasdeckel hat und steht im Mittelpunkt der Windrose ein Stift, auf dem sich eine Magnetnadel frei bewegt, so ist dies ein Kompass, des Seefahrers unentbehrlichstes Instrument. Da die Magnetnadel stets nach Norden zeigt, so kann sich der Seefahrer auf dem Meere jederzeit, bei Tag und Nacht orientiren, damit er weiss, woher der Wind weht und wohin das Schiff seinen Lauf richtet. Indessen weicht auch die Magnetnadel an allen Orten etwas vom wahren Norden ab und so gehören auch hierzu besondere Kenntnisse, um ihn mit Nutzen gebrauchen zu können.

§. 18. Wenn die Sonne am Morgen aufgegangen ist, so ist es hell; es ist Tag geworden. Aber schon ehe wir die Sonne selbst erblicken, sehen wir, wie der Himmel allmählig hell und immer heller wird, dies ist die Morgendämmerung. Am östlichen Horizonte zeigt sich vor dem Aufgange ein purpurrother Strich; dies ist die Morgenröthe der aufgehenden Sonne. Wenn sie aber am Abend unter den Horizont hinabsinkt, wenn sie unter-

geht, dann wird auch der Himmel allmählig dunkel; dies ist die Abenddämmerung. Am westlichen Himmel sieht man die Abendröthe der untergehenden Sonne. Es wird nun dunkel und immer dunkler, bis die finstere Nacht für uns hereingebrochen ist.

§. 19. Aber nicht überall auf der Erde ist es so finster, wie bei uns, wenn die Sonne untergegangen ist; sondern da, wo sie hinabgesunken, ist sie den Bewohnern jener Gegend aufgegangen und hat ihnen den Morgen gebracht. Wenn wir die finstere Mitternacht haben, haben sie den hellen Mittag, und haben sie Abend, so ist bei uns Morgen. Wenn wir Tag, haben sie Nacht, und wenn sie Tag, haben wir Nacht. Tag und Nacht sind also zu gleicher Zeit auf der Erde. Morgen, Mittag, Abend, Mitternacht, Vormittag, Nachmittag, Vormitternacht, Nachmitternacht sind Zeiten am Tage oder Tageszeiten. Der Tag besteht aus Tag und Nacht und wird in 24 gleiche Theile getheilt. Ein solcher Theil heisst Stunde. Ein Tag hat also 24 Stunden; Tag und Nacht sind 24 Stunden lang. Eine Stunde theilt man in 60 Minuten und eine Minute in 60 Sekunden. $1 \text{ Stunde} = 1^h$, $1 \text{ Minute} = 1'$, $1 \text{ Sekunde} = 1''$.

§. 20. Beobachtet man nun den Weg, den die Sonne an einem Tage macht, so findet man, dass es kein gerader — dies wäre an dem gebogenen Himmelsgewölbe auch gar nicht möglich — sondern ein gebogener Weg ist. Die Sonne durchläuft also an jedem Tage über dem Horizonte einen bogenförmigen Weg; sie beschreibt täglich am Himmel einen Bogen oder Theil eines Kreises. Man nennt diesen Bogen daher Tagbogen. Der Weg, den sie in der Nacht durchwandert, ist ebenfalls bogenförmig. Dies ist der Nachtbogen, er liegt unter dem Horizonte und ist dem Tagbogen entgegengesetzt. Tag- und Nachtbogen bilden zusammen einen ganzen Kreis, der Tageskreis der Sonne genannt wird, weil sie einen ganzen Tag oder 24^h gebraucht, um ihn zu durchlaufen. Fig. 10.

§. 21. Die Sonne durchläuft den Tagbogen natürlich in der Richtung von Osten nach Westen; dahingegen den Nachtbogen von Westen nach Osten; jenes geschieht über, dieses unter dem Horizonte. Stellen wir uns dieses recht lebhaft vor, so ergibt sich, dass der Himmel nicht ein Gewölbe, sondern eine hohle Kugel ist, welche aus zwei Halbkugeln besteht,

deren eine über, die andere unter dem Horizonte liegt. Der Horizont theilt also die Himmelskugel in zwei gleiche Halbkugeln; die eine können wir sehen, die andere nicht. Die Erde mit ihrem Horizonte befindet sich also in der Mitte dieser hohlen Himmelskugel.

§. 22. Die Sonne geht stets im Osten auf und im Westen unter. Tag und Nacht sind zu gleicher Zeit auf der Erde. Die Sonne bewegt sich in einem Bogen am Himmel, in welchem sie Mittags die grösste Höhe erreicht. Sie durchläuft den Tagbogen von Osten nach Westen und den Nachtbogen von Westen nach Osten; den ganzen Tageskreis aber in 24 Stunden.

Fragen zur Wiederholung.

Was ist der Aufgangspunkt?

Nach welcher Gegend liegt er?

Was heisst culminiren?

Was ist der Culminationspunkt? Nach welcher Gegend liegt er?

Welcher Vertikalkreis heisst Meridian oder Mittagskreis? Während welcher Zeit hebt sich die Sonne? Während welcher Zeit senkt sie sich?

Was ist der Untergangspunkt? Nach welcher Gegend liegt er?

Wann erreicht die Sonne am Tage den höchsten Stand? Wann den tiefsten?

Wo liegt jener, wo dieser? Nach welcher Gegend liegt der tiefste Stand? Was sind Himmels- oder Weltgegenden? Wodurch werden sie bestimmt? Wie viel Hauptweltgegenden giebt es? Wie viel Zwischenweltgegenden? Wie viel Nebenweltgegenden? Wie viel Weltgegenden haben die Seefahrer? Wie liegt das Schulzimmer? Wo ist Norden, Osten, Süden, Westen? Welche Wand liegt nach Norden, Süden, Westen, Osten? Wie liegen die Ecken?

Wie folgen die Weltgegenden aufeinander nach dem Sonnenlaufe? Wie folgen sie in entgegengesetzter Richtung? Welche Gegend ist hinter euch, wenn ihr nach Osten, Süd-Westen, Norden, Nordosten, Süden, Süd-Südwesten sehet?

Wie heisst die Gegend hinter euch, wenn ihr nach N.N.O. sehet?

Wie heisst die Zeit, während welcher die Sonne scheint?

Was ist das für ein Tag? Was geht dem Sonnenaufgange voraus?

Wie heisst die Zeit, während welcher die Sonne nicht scheint?

Was ist das für eine Nacht? Wie heisst Tag und Nacht? Was folgt dem Untergange? Wie heissen die Tageszeiten nach dem Sonnenlaufe? Was ist der Tagbogen? Was der Nachtbogen? Was bilden Tag- und Nachtbogen zusammen? Wie lange Zeit gebraucht die

Sonne zum Durchlaufen des Tagkreises? In welcher Richtung durchläuft die Sonne den Tagbogen? In welcher Richtung den Nachtbogen?

B. Die scheinbare jährliche Bewegung der Sonne.

a. Zeitdauer und Weg des Sonnenlaufes.

§. 23. Betrachten wir den Auf- und Untergang der Sonne etwas genauer, so bemerken wir gar bald, dass dies nicht immer zu derselben Zeit geschieht. Sie geht bald früh auf und spät unter, und bald spät auf und schon frühe wieder unter. Daher kommt es, dass die Länge der Tage so sehr verschieden ist. Im Sommer sind die Tage lang, im Winter kurz. Im Sommer geht die Sonne früh auf und spät unter; im Winter geht sie spät auf und früh unter.

§. 24. In ganz Deutschland geht die Sonne im Sommer des Morgens schon zwischen 3 und 4 Uhr auf und des Abends erst zwischen 8 und 9 Uhr unter; der Tag ist also 17 oder 16^h lang, die Nacht muss folglich 7 oder 8^h lang sein; denn Tag und Nacht sind zusammen 24^h lang. Im Winter dagegen geht sie erst des Morgens zwischen 8 und 9 Uhr auf und Nachmittags zwischen 3 und 4 Uhr unter; der Tag ist nur 7^h lang, die Nacht muss also 17^h lang sein, weil Tag und Nacht zusammen 24^h lang sind.

§. 25. Beobachten wir hingegen die Zeit des Sonnenaufgangs im Frühlings und Herbste, etwa um Ostern und Michaelis, so werden wir finden, dass sie alsdann auf der ganzen Erde des Morgens um 6 Uhr auf- und Abends um 6 Uhr untergeht; der Tag dauert 12^h, folglich muss die Nacht auch 12^h dauern. Tag und Nacht sind gleich und zusammen 24^h lang. Es ist dann Tag- und Nachtgleiche, bald im Frühlings, bald im Herbste, jenes am 21. März, dieses am 23. September.

§. 26. Geht die Sonne des Morgens um 7 Uhr auf, also 5^h vor 12 Uhr, so bemerken wir, dass sie auch 5^h nach 12 Uhr wieder untergeht, also Nachmittags um 5 Uhr; geht sie um 5 Uhr Morgens auf, also 7^h vor 12 Uhr, so geht sie ebenfalls 7^h nach 12^h Uhr, also um 7 Uhr Abends, unter. Daraus folgt, dass der Morgen und Vormittag eben so lang ist, wie der Nachmittag und Abend, und dass die eine Hälfte auf jene, die andere auf diese Tageszeit kommt. 12 Uhr bildet also den Scheidepunkt; er liegt in der Mitte des Tages, daher wird er Mittag genannt.

§. 27. Es sei im Winter, einige Tage vor Weihnacht, also in der zweiten Hälfte Decembers; die Sonne geht sehr spät auf, etwa zwischen 8 und 9 Uhr Morgens, und bald nach Mittag, ungefähr zwischen 3 und 4 Uhr schon wieder unter, die Tage sind sehr kurz, ungefähr 7 Stunden lang. Doch einige Wochen nach Weihnachten bemerken wir, dass die Sonne schon früher, etwa um 8 Uhr auf- und etwas später, um 4 Uhr untergeht. Um heil. Dreikönige, sagt die Volksastronomie, ist der Tag um einen Hahnentritt länger geworden. Setzen wir unsere Beobachtungen fort, so finden wir, dass die Sonne immer früher auf- und immer später untergeht, dass sie also längere Zeit am Himmel verweilt, folglich die Tage länger, mithin die Nächte kürzer werden.

§. 28. Dieses Zunehmen der Tage und Abnehmen der Nächte dauert bis in die zweite Hälfte des Juni. Vom 21. December bis zum 21. Juni nehmen die Tage zu und die Nächte ab. Von nun an geht sie aber wieder später auf und früher unter; die Tage werden also kürzer und die Nächte länger; dies dauert bis zum 21. December. Vom 21. Juni bis 21. December nehmen die Tage ab und die Nächte zu. Ein Jahr ist herum. Ein halbes Jahr nehmen die Tage zu und die Nächte ab, und ein halbes Jahr nehmen die Tage ab und die Nächte zu.

§. 29. Da die Sonne nicht immer gleich lange Zeit am Himmel verweilt, so kann sie auch nicht an jedem Tage den gleichen Weg zurücklegen; denn sonst müsste sie bald rascher bald langsamer ihren Weg am Himmel durchlaufen. Da dies letztere nun aber nicht der Fall ist, so muss sie einen kleineren Weg machen. Vergleichen wir die Tagbogen der Sonne an verschiedenen Tagen, so bemerken wir gar bald, dass sie an Grösse sehr verschieden sind. Vergleichen wir die drei Tagbogen, welche die Sonne am 21. December, 21. März und 23. September und 21. Juni durchläuft, mit einander, so ergiebt sich, dass der erstere der kleinste, der letztere der grösste und die mittleren auch eine mittlere Grösse haben. Fig. 11.

§. 30. Daraus folgt, dass die Sonne am 21. December den kürzesten Weg am Himmel durchläuft, also auch die kürzeste Zeit scheint. Der Tag muss auch der kürzeste sein; er dauert in ganz Deutschland 6—7 Stunden, die Nacht 17—18 Stunden. Dahingegen macht sie am 21. Juni den grössten Weg, sie muss also am

längsten am Himmel verweilen; der Tag ist also der längste; er ist 17—18 Stunden, die Nacht 6—7 Stunden lang. Am 21. März und 23. September beschreibt die Sonne einen mittleren Weg am Himmel, sie muss also eine mittlere Zeit am Himmel zubringen; der Tag ist 12 Stunden und die Nacht 12 Stunden lang; Tag und Nacht sind gleich lang. Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleiche.

§. 31. Tagbogen und Tageslänge stehen also im Verhältniss. Je länger der Tag, desto grösser der Tagbogen; je grösser der Tagbogen, desto kleiner der Nachtbogen; je kleiner der Nachtbogen, desto kürzer die Nacht. Nehmen die Tage an Länge zu, so nehmen auch die Tagbogen an Grösse zu. Nehmen diese ab, so nehmen auch jene ab.

§. 32. Die Sonne geht nicht immer zu derselben Zeit auf und unter; Tage und Nächte sind von verschiedener Länge. 21. Juni längster Tag, 17—18 Stunden und kürzeste Nacht, 6—7 Stunden; 21. December kürzester Tag, 6—7 Stunden und längste Nacht, 17—18 Stunden. Ein halbes Jahr nehmen die Tage zu und ein halbes Jahr nehmen sie ab; zweimal sind Tag und Nacht gleich lang; 21. März Frühlings-Tag- und Nachtgleiche; 23. September Herbst-Tag- und Nachtgleiche. Fig. 11.

Fragen zur Wiederholung.

Wann geht die Sonne früh auf und spät unter? Wann geht sie spät auf und früh unter? Um wie viel Uhr geht die Sonne im Sommer in Deutschland auf und unter? Um wie viel Uhr geht sie aber im Winter auf und unter? Wie lang ist der Tag im Sommer und die Nacht im Winter? Wie lang ist die Nacht im Sommer und der Tag im Winter? Wann geht die Sonne im Frühling und Herbst auf und unter? Wie lang ist also Tag und Nacht im Frühling und Herbst? Wie verhält sich Vormittag und Nachmittag? Was bildet der Mittag? An welchen Tagen ist Tag- und Nachtgleiche? Von welcher Zeit an werden die Tage länger und die Nächte kürzer? Bis zu welchem Tage dauert das Zunehmen der Tage und das Abnehmen der Nächte? Wie lange nehmen die Tage zu und die Nächte ab? Und umgekehrt? An welchen Tagen sind Tag und Nacht gleich lang? An welchem Tage ist der längste Tag und die kürzeste Nacht? An welchem Tage ist der kürzeste Tag und die längste Nacht? Wann fangen die Tage an zuzunehmen? Wann fangen die Nächte an zuzunehmen? Wie sind die durchlaufenen Tagbogen der Sonne an den verschiedenen Tagen des Jahres? Wann durchläuft die Sonne den grössten Tagbogen? Wann den kleinsten? Wann einen von mittlerer Grösse? Wa-

rum stehen Tagbogen und Tageslänge in einem Verhältnisse? Wie müsste die Sonne sich bewegen, wenn die Tagbogen gleich und die Tageslänge doch verschieden sein sollte? Welche Erscheinungen bemerkt man am 21. Juni? 21. December? 21. März und 23. September? Wann geht die Sonne unter, wenn sie $6\frac{1}{4}$ Uhr aufgeht? Wann ist die Sonne aufgegangen, wenn sie um $4\frac{3}{4}$ Uhr untergeht? Wann ist die Sonne aufgegangen, wenn sie des Mittags schon $7\frac{3}{4}$ Stunden geschienen hat? Wie viel Stunden scheint die Sonne, wenn sie um $4\frac{3}{4}$ Uhr aufgeht? Wie viel Stunden hat die Sonne geschienen, wenn sie um $7\frac{1}{4}$ Uhr untergeht?

b. Der verschiedene Stand der Sonne.

§. 33. Beobachten wir den Stand der Sonne am Mittage, so ergiebt sich, dass sie alsdann für diesen Tag den höchsten Punkt erreicht hat; aber nie wird sie durch unsern Scheitelpunkt gehen, folglich auch nie im Scheitelpunkte culminiren; die Tagbogen sind alle nach der Südgegend des Horizonts gerichtet. Sie steht also niemals senkrecht über unserm Haupte, sondern ist stets nach Süden geneigt.

§. 34. Setzen wir unsere Beobachtungen fort, so werden wir finden, dass sie nicht stets die gleiche Höhe im Meridian erreicht. Im Winter steht sie des Mittags niedriger am Himmel, als im Sommer. Am 21. Juni steht sie am höchsten, am 21. December am niedrigsten, am 21. März und 23. September steht sie in einem Punkte, der in der Mitte zwischen dem höchsten und niedrigsten Standpunkte liegt. Fig. 12.

§. 35. Da die Sonne am 21. Juni am höchsten steht, so geht daraus hervor, dass sie nicht höher steigt, sondern wieder zu sinken beginnt. Sie wendet sich also, oder kehrt zurück zu den Standpunkten, welche sie vor dem 21. Juni inne hatte. Ebenso hat sie am 21. December ihren tiefsten Stand erreicht; sie sinkt auch nicht tiefer, sondern steigt von dem Tage an immer höher. Sie kehrt oder wendet also abermals um. Zweimal kehrt oder wendet sie im Jahre um. Einmal, wenn sie den tiefsten, das andere Mal, wenn sie den höchsten Standpunkt erreicht hat, und zwar am 21. December und 21. Juni.

§. 36. Die Tageskreise, welche die Sonne an diesen Tagen am Himmel durchläuft, heissen daher Wendekreise. Der Tageskreis, welchen die Sonne am 21. December durchläuft, liegt am weitesten nach Süden, er heisst der südliche Wendekreis;

derjenige aber, welchen die Sonne am 21. Juni durchläuft, wird der nördliche Wendekreis genannt, weil er am weitesten nach Norden liegt. Beide Kreise sind, wie alle Tageskreise, nach Süden gerichtet. Die Tage, an denen dies geschieht, heissen die Tage der Sonnenwende.

§. 37. Weil aber die Sonne bei ihrem Umwenden gewissermassen etwas stille steht, wenigstens nicht höher steigt, so nennt man die Culminationspunkte der Sonne an diesen beiden Tagen Sonnenstillstandspunkte oder Solstitiumspunkte. Weil dies bald im Sommer, bald im Winter geschieht, so unterscheidet man Sommer- und Winter-Sonnenwende, Sommer- und Winter-Solstitiumspunkte. Am 21. December ist die Winter-Sonnenwende, das Winter-Solstitium, alsdann fängt der Winter an; Sommer-Sonnenwende, Sommer-Solstitium ist am 21. Juni, dies ist der Tag des Sommeranfangs.

§. 38. Bei dem Auf- und Niedersteigen der Sonne im Meridian geschieht es, dass sie zweimal Tag und Nacht gleich macht. Sie läuft also zweimal im Jahre in einem Bogen der Tag- und Nachtgleiche und zwar am 21. März und 23. September. Am 21. März ist Frühlings-Tag- und Nachtgleiche, Frühlingsanfang, und am 23. September Herbst-Tag- und Nachtgleiche, Herbstanfang.

§. 39. Der Tageskreis, welchen die Sonne an diesen beiden Tagen durchläuft, liegt in der Mitte zwischen beiden Wendekreisen und macht Tag und Nacht gleich; er heisst deshalb der Gleicher oder Aequator; die Seefahrer nennen ihn die Linie. Die Punkte, wo die Sonne an diesen beiden Tagen auf- und untergeht, heissen Aequinoctialpunkte und die Tage, die Tage des Aequinoctiums. Man unterscheidet das Frühlings- und Herbst-Aequinoctium. Am 21. März ist das Frühlings-Aequinoctium und am 23. September ist das Herbst-Aequinoctium. Fig. 12.

§. 40. Cardinalpunkte. Die Sonne geht zwar täglich im Osten auf und im Westen unter, stellen wir aber Beobachtungen an, so finden wir, dass sie nicht immer an demselben Punkte des Horizontes auf- und untergeht, sondern dass diese Punkte täglich ihre Stelle innerhalb einer bestimmten Grenze ändern. Man findet dann, dass die Sonne in ganz ebenen freien Gegenden, am

besten auf dem Meereshorizont, am 21. März und 23. September genau im Ostpunkte auf- und im Westpunkte untergeht, am Mittage über dem Südpunkte und um Mitternacht unter dem Nordpunkte steht. Diese festen Punkte der Weltgegenden am Horizont heissen Cardinalpunkte.

§. 41. Denken wir uns den Ostpunkt und Westpunkt, und ebenso den Nordpunkt und Südpunkt durch gerade Linien verbunden, so müssen diese nothwendigerweise in der Horizontebene liegen und durch unsern Standpunkt gehen, wie sie sowol die Horizontebene in vier gleiche Theile, als die Horizontperipherie in vier gleiche Bogen theilen muss. Messen wir die Entfernungen der Cardinalpunkte in Graden des Horizonts, so liegt der Ostpunkt von dem Nordpunkte 90° , von dem Südpunkte 90° , von dem Westpunkte 180° , der Südpunkt liegt von dem Nordpunkte 180° , von dem Ostpunkte 90° , von dem Westpunkte 90° .

§. 42. Merken wir uns am Horizonte des Morgens, wenn die Sonne aufgeht, einen hohen Schornstein oder einen Thurm, bei welchem es geschieht, und ebenso des Abends einen Baum oder Berg, bei dem sie untergeht, so bemerken wir, dass vom 21. März die Auf- und Untergangspunkte vom Ost- und Westpunkte immermehr gegen Norden abweichen, bis zum 21. Juni jeden Jahres, an welchem Tage die Sonne am weitesten nach Norden vom Ostpunkte auf- und vom Westpunkte untergeht. Sie geht an diesem Tage im mittleren Deutschland etwa im Nordost auf und im Nordwest unter. —

§. 43. Von diesem Tage nähern sich die Auf- und Untergangspunkte der Sonne allmählig wieder dem Ostpunkte und Westpunkte, so dass sie am 23. September mit denselben wieder zusammentreffen. Vom 23. September weichen sie abermals vom Ost- und Westpunkte ab und zwar nach Süden. Am 21. December haben sie ihre grösste Entfernung vom Ost- und Westpunkte nach Süden erreicht. Die Sonne geht dann in Mitteldeutschland ungefähr im Südostpunkte auf und im Südwestpunkte unter.

§. 44. Die Nordost-, Nordwest-, Südost- und Südwestpunkte liegen in der Mitte zweier Cardinalpunkte. Denken wir sie uns durch Linien verbunden, so theilen sie die Horizontfläche in vier gleiche Theile, die Horizontperipherie in vier gleiche Bogen und schneiden sich mit den Ost-Westlinien und Süd-Nordlinien in unserm Standpunkte. Mit den ersten Linien theilen sie die Horizont-

fläche und Horizontperipherie in acht gleiche Theile. Der Nordostpunkt ist vom Südostpunkte 90° , vom Südwestpunkte 180° entfernt. Der Nordostpunkt ist vom Ostpunkte 45° , der Südostpunkt ist vom Südpunkte 45° ; der Nordwestpunkt ist vom Nordpunkt 45° , der Südwestpunkt ist vom Westpunkte 45° ; der Ostpunkt ist vom Südwestpunkte 135° entfernt.

§. 45. Morgen- und Abendweite. Wenn die Sonne im Aequator sich bewegt, so geht sie uns im wahren Ostpunkte auf und im wahren Westpunkte unter, und Tag und Nacht sind einander gleich. Sobald aber die Sonne sich einem Wendekreise nähert, so entfernen sich die Auf- und Untergangspunkte immer mehr von dem wahren Ostpunkte und Westpunkte. Die Entfernung der Auf- und Untergangspunkte vom wahren Ost- und Westpunkte, gemessen durch die Bogen unsers Horizonts, welche zwischen den wahren Ost- und Westpunkten und den Auf- und Untergangspunkten liegen, nennt man die Morgen- und Abendweite. Am 21. März und 23. September ist sie $0''$; am 21. Juni und 21. December ist sie im mittleren Deutschland 45° ; ihre Grösse wechselt also zwischen 0° und 45° ; am 21. Juni und 21. December, wenn die Sonne sich in den Wendekreisen bewegt, ist die grösste Morgen- und Abendweite. Fig. 13.

§. 46. An Fig. 14 ist Z das Zenith, HT der Horizont und AQ der Aequator; nun sei C der Ostpunkt und c der Westpunkt, CAC der Tagbogen und CQc der Nachtbogen, welche beide einander gleich sind. Bewegt sich hingegen die Sonne im nördlichen Wendekreis WK , so ist $FW/$ der Tagbogen und FKf der Nachtbogen, ersterer ist bedeutend grösser als letzterer. Hier geht nun die Sonne in F auf und in f unter und es ist CF die Morgen- und cf die Abendweite. Ebenso ist CP die Morgen- und cp die Abendweite, wenn sich die Sonne im südlichen Wendekreis bewegt.

§. 47. Auch durch eine Construction kann man die Cardinalpunkte finden. Man zeichne einen Kreis, errichte in der Mitte einen ziemlich langen senkrechten Stab und beobachte, wenn der Schatten des Stabes des Morgens die Kreislinie trifft; dann verzeichne man diesen Punkt durch einen Strich. Ebenso beobachte man dieselbe Erscheinung am Nachmittage und verzeichne auch diesen Punkt. Nun theile man den Bogen zwischen den beiden Punkten in zwei gleiche Theile und ziehe von diesem Theilungspunkte durch den Mittelpunkt des Kreises eine Linie, so zeigt diese

Linie genau den Nord- und Südpunkt und heisst die Mittagslinie; sie liegt in der Ebene des Horizonts wagerecht und ist von dem Mittagskreis zu unterscheiden; dieser ist eine Kreislinie am Himmelsgewölbe und steht senkrecht auf dem Horizont. Durchschneidet man die Mittagslinie im Mittelpunkt des Kreises und in der Ebene des Horizonts rechtwinklig mit einer andern, so zeigt diese genau den Ost- und Westpunkt. Durch fortgesetzte Theilung construirt man sich auf diese Weise die Windrose.

§. 48. Die Sonne steigt im mittleren Deutschland an keinem Tage des Jahres senkrecht über den Horizont herauf, sondern stets schräge und geht auch schräge unter. Die Tagbogen haben also eine schräge Richtung zum Horizonte, welche aber sowohl gegen einander als auch gegen den Horizont sich gleich bleibt. Sie bilden mit dem Horizont nach Süden spitze, nach Norden stumpfe Winkel. Der Aequator schneidet den Horizont in dem Ost- und Westpunkte und also auch in der Ost- und Westlinie, die beide mit einander verbindet, für Hamburg ($53\frac{1}{2}^{\circ}$ N. Br.) unter einem Winkel von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ in Graden des Meridians. Dieser Bogen des Meridians, der zwischen dem Horizonte und dem Aequator liegt, giebt die Aequatorhöhe an. Man findet sie, wenn man die Breite des Ortes von 90° subtrahirt, also: Göttingen $51\frac{1}{2}^{\circ}$ N. Br. $90^{\circ} - 51\frac{1}{2}^{\circ} = 38\frac{1}{2}^{\circ}$, die Aequatorhöhe für Göttingen ist also $38\frac{1}{2}^{\circ}$.

§. 49. Der Durchschnittspunkt des nördlichen Wendekreises mit dem Meridian liegt $23\frac{1}{2}^{\circ}$ höher, also für Hamburg $36\frac{1}{2}^{\circ} + 23\frac{1}{2}^{\circ} = 60^{\circ}$. Der südliche Wendekreis hingegen liegt $23\frac{1}{2}^{\circ}$ niedriger als der Aequator, folglich $36\frac{1}{2}^{\circ} - 23\frac{1}{2}^{\circ} = 13^{\circ}$. Der nördliche Wendekreis ist von dem südlichen Wendekreis $23\frac{1}{2}^{\circ} + 23\frac{1}{2}^{\circ} = 47^{\circ}$ entfernt, weil jener $23\frac{1}{2}^{\circ}$ höher, dieser $23\frac{1}{2}^{\circ}$ niedriger als der Aequator liegt. Hieraus geht hervor, dass die Sonne sich das ganze Jahr zwischen den Wendekreisen bewegt. Denn im südlichen Wendekreis erreicht sie am 21. December des Mittags ihren tiefsten Stand im Meridian, und im nördlichen Wendekreis erlangt sie am 21. Juni des Mittags ihre grösste Höhe im Meridian. Betrachten wir nun diesen halbjährigen Weg der Sonne, so ist es klar, dass es eine Spirallinie ist, die sie innerhalb der Wendekreise an der hohlen Himmelskugel beschreibt. Fig. 13.

Fragen zur Wiederholung.

Wann hat die Sonne an jedem Tage den höchsten Stand erreicht? Durch welchen Punkt geht die Sonne nie? Nach welcher Himmelsgegend sind die Tagbogen gerichtet? Wohin ist der Stand der Sonne stets geneigt? Wie steht die Sonne im Winter des Mittags am Himmel? Wie im Sommer? An welchem Tage steht sie des Mittags am höchsten? An welchem am niedrigsten? An welchen Tagen liegt der Culminationspunkt zwischen dem höchsten und niedrigsten? Wie viel mal wendet sie um? Wie heissen daher die Tageskreise? An welchen Tagen geschieht dies? Wie heissen die Tage? Welche Wendekreise unterscheidet man? An welchem Tage durchläuft die Sonne den südlichen Wendekreis? Welchen durchläuft sie am 21. Juni? Welche Punkte heissen Sonnenstillstandspunkte oder Solstitiumspunkte? Wie viel Solstitiumspunkte kann man unterscheiden? Wann haben wir Winter-, wann Sommer-Solstitium- und Sonnenwende? Wann ist Winteranfang, wann Sommeranfang? Wann ist Frühlings- und Herbstanfang? An welchen Tagen haben wir Tag- und Nachtgleiche? Welche Punkte heissen Aequinoctialpunkte? Wie viel Aequinoctien unterscheidet man? Was beobachtet man in Bezug auf den Sonnen-Auf- und Untergang? An welchen Tagen geht die Sonne im Ostpunkt auf und im Westpunkt unter? Wie heissen die Punkte der Weltgegenden? Wie viel Grad ist der Nordpunkt vom Westpunkt? Wie viel der Ostpunkt vom Westpunkt? In welchen Punkten geht die Sonne am 21. Juni auf und unter? Wann geht sie im SO. auf und im SW. unter? Wenn man diese Punkte durch Linien verbindet, wie viel Theile entstehen aus dem Horizont? Wie viel Grad ist der Nordpunkt vom Nordostpunkt, vom Ostpunkt, vom Südostpunkt, vom Südpunkt entfernt? Wie viel Grad ist der Südostpunkt vom Westpunkt entfernt? In welchen Punkten geht die Sonne auf und unter, wenn sie sich im Aequator bewegt? Wie heisst die Entfernung der Auf- und Untergangspunkte vom wahren Ost- und Westpunkte? Wodurch wird diese Entfernung gemessen? Wann haben wir die grösste Morgen- und Abendweite? Zwischen wie viel Grad schwankt dieselbe? Entwerft und erklärt eine Zeichnung über den Stand der Sonne am Mittage, über die Tagbogen, die Solstitien und Aequinoctien und über die Morgen- und Abendweite. Wie kann man durch eine Construction die Cardinalpunkte finden? Was ist Mittagslinie und Mittagskreis? Welche Richtung haben die Tagbogen unter einander und zum Horizont? Welchen Winkel bilden sie mit dem Horizont nach Süden, welchen nach Norden? In welchen Punkten durchschneidet der Aequator den Horizont? In welcher Höhe liegt er für Hamburg? Was heisst Aequatorhöhe? Wie findet man sie? Wie viel Grad liegt der nördliche Wendekreis höher als der Aequator? Wie viel Grad liegt der südliche Wendekreis niedriger als der Aequator? Wie hoch liegt der nördliche Wendekreis? Wie hoch der südliche? Wie viel Grad sind die Wendekreise von einander entfernt? Wie viel Grad ist der Aequator

vom Zenith entfernt? Wie viel Grad der südliche Wendekreis? Wie viel der nördliche? Zwischen welchen Kreisen bewegt sich die Sonne? Was für eine Linie bildet der halbjährige Weg der Sonne am Himmel? Zwischen welchen Kreisen liegt diese Linie?

c. Die Veränderungen der Jahreszeiten.

§. 50. Am 21. März und 23. September haben wir Tag- und Nachtgleiche, Frühlings- und Herbst-Tag- und Nachtgleiche (Aequinoctium). Die Sonne bewegt sich im Himmelsäquator. — Am 21. März fängt der Frühling an. Die Sonne geht im mittleren Deutschland des Morgens um 6 Uhr auf, Abends um 6 Uhr unter; der Tag dauert also 12 Stunden, folglich die Nacht auch 12 Stunden; Tag und Nacht sind also gleich lang. Die Sonne bewegt sich in einem Tagbogen, der dem Nachtbogen gleich ist, der ganze Kreis heisst der Himmelsäquator; er liegt für Hamburg in einer Höhe von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ des Meridians. Die Sonnenstrahlen fallen also unter einem Winkel von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ auf die Erde. Sie geht genau im Ostpunkt auf und im Westpunkt unter.

§. 51. Vom 21. März werden die Tagbogen grösser, die Tage also länger, die Nächte kürzer; die Tagbogen liegen höher als $36\frac{1}{2}^{\circ}$; die Sonnenstrahlen fallen immer senkrechter; die Auf- und Untergangspunkte entfernen sich immer mehr vom Ost- und Westpunkte nach Norden hin. Dieses Zunehmen aller Verhältnisse dauert bis zum 21. Juni. An diesem Tage geht die Sonne in Deutschland Morgens zwischen $3\frac{1}{2}$ und 4 Uhr im N.O. auf und Abends zwischen 8 und $8\frac{1}{2}$ Uhr im N.W. unter; der Tag dauert 16—17 Stunden, die Nacht also nur 7—8 Stunden; dies ist der längste Tag und die kürzeste Nacht. Der Tagbogen ist der grösste, der Nachtbogen der kleinste.

§. 52. Die Sonne scheint einen Augenblick still zu stehen, wir haben Solstitium, und dann wieder umzukehren oder umzuwenden; der Tageskreis ist der nördliche Wendekreis. Dieser liegt für Hamburg in einer Höhe von 60° ; dies ist die grösste Höhe, welche die Tagbogen erreichen; die Sonne steht also am höchsten. Die Sonnenstrahlen fallen unter einem Winkel von 60° auf die Erde; dies ist der grösste Winkel, sie fallen also am senkrechtsten herab. Alle Verhältnisse sind auf der höchsten Stufe. Mit diesem Tage beginnt der Sommer. Die Sonne steht dann im Sommer-Sonnenstillstandspunkt oder Sommersolstitium, wir haben Sommer-Sonnenwende.

§. 53. Vom 21. Juni nehmen alle Verhältnisse wieder ab. Die Sonne geht später auf und früher wieder unter; die Tage nehmen ab. Die Tagbogen werden kleiner und liegen niedriger; die Sonnenstrahlen fallen nicht mehr so senkrecht hernieder; die Nachtbogen werden grösser. Die Auf- und Untergangspunkte rücken wieder nach dem Ost- und Westpunkte. Dieses dauert bis zum 23. September.

§. 54. Am 23. September geht die Sonne des Morgens um 6 Uhr im Ostpunkte auf und des Abends um 6 Uhr im Westpunkte unter. Der Tag dauert 12 Stunden, die Nacht muss ebenso lang sein; Tag und Nacht sind im Jahre also zum zweiten Male gleich. Der Herbst beginnt. Dies ist die Herbst-Tag- und Nacht-gleiche. Die Sonne läuft in einem Tagbogen, der dem Nachtbogen gleich ist, wieder für Hamburg $36\frac{1}{2}^{\circ}$ hoch liegt und der Himmels-äquator ist; sie bewegt sich also zum zweiten Male im Himmels-äquator, wir haben das Herbstäquinocium. Die Sonnenstrahlen fallen also eben so schräge wie am 21. März, nur nimmt diese Richtung noch mehr ab, während sie dann zunimmt.

§. 55. Die Sonne geht fortwährend später auf und früher unter; die Tage nehmen also ab, die Nächte zu; die Tagbogen werden kleiner, die Nachtbogen grösser. Die Sonnenstrahlen fallen immer schräger. Die Auf- und Untergangspunkte rücken vom Ost- und Westpunkte immer mehr nach Süden. Diese Abnahme aller Verhältnisse dauert bis zum 21. December. Am 21. December geht die Sonne im mittleren Deutschland des Morgens zwischen 8 und $8\frac{1}{2}$ Uhr im S.O. auf, und Nachmittags zwischen $3\frac{1}{2}$ und 4 Uhr im S.W. unter. Der Tag währt 7—8 Stunden, die Nacht 16—17 Stunden; es ist dies der kürzeste Tag und die längste Nacht. Der Tagbogen ist der kleinste, der Nachtbogen der grösste. Fig. 14. Für den Horizont von Hamburg liegt der Tagbogen in einer Höhe von 13° des Meridians. Die Sonnenstrahlen fallen also unter einem Winkel von 13° auf die Erde; dies ist für Hamburg der kleinste Auffallswinkel der Sonnenstrahlen; sie fallen also am schrägsten, gleiten am meisten ab. Die Auf- und Untergangspunkte liegen am weitesten nach Süden.

§. 56. Die Sonne steht einen Augenblick gleichsam still und kehrt von nun an zum Aequator zurück, wendet also um; der Tagkreis ist der südliche Wendekreis. An diesem Tage fängt der Winter an. Wir haben Winter-Sonnenwende, Winter-Solstitium.

Von nun an geht die Sonne immer früher auf und später wieder unter; die Tage nehmen zu, die Nächte ab; die Tagbogen werden grösser, die Nachtbogen kleiner; die Auf- und Untergangspunkte rücken wieder nach dem Ost- und Westpunkte. Die Sonnenstrahlen fallen immer senkrechter herab. Dieses Zunehmen dauert bis zum 21. März, wo Alles im Gleichgewicht ist. Ein Jahr ist herum und Alles kehrt in derselben Ordnung wieder. Regelmässigkeit und Ordnung zeigt uns im beständigen Wechsel der Kreislauf des Jahres: Frühling, Sommer, Herbst und Winter und was sonst noch damit zusammenhängt.

§. 57. Aus dem Vorhergehenden folgt, dass die Sonnenstrahlen in unserer Gegend niemals senkrecht fallen werden, dies kann nur zwischen den Wendekreisen geschehen; sondern sie werden stets schräge fallen und zwar im Sommer weniger schräge, mehr senkrecht, gerade auffallend, weil die Tageskreise höher liegen; im Winter schräger und mehr abgleitend, weil die Tageskreise niedriger liegen. Ebenso müssen die Sonnenstrahlen am Morgen und Abend schräger fallen als am Mittage, weil die Sonne alsdann für den Horizont noch nicht die Höhe erreicht hat, als um die Mittagszeit.

§. 58. Die Sonnenstrahlen sind das Licht der Sonne; sie ist also die Quelle des Lichtes. Wenn sie aufgeht, wird es hell, geht sie unter, tritt Dunkelheit ein. Durch die Sonnenstrahlen wird nun auch auf und in der Erde Wärme erregt; und zwar um so mehr, je mehr Sonnenstrahlen auffallen können. Da, wo Erhöhungen und Vertiefungen mit einander abwechseln, fallen nicht so viele Sonnenstrahlen auf, als auf ebener Fläche; daher ist es in einem Hügel- und Gebirgslande kühler als in einer Ebene.

§. 59. Sie wirken aber auch verschieden, je nachdem sie mehr oder weniger senkrecht fallen; im ersten Falle gleiten sie ab, können also nicht wirken; im andern Falle treffen sie die Erde in mehr senkrechter Richtung, ihre Wirkung muss also um so grösser sein. Je schräger die Sonnenstrahlen auf die Erde fallen, desto weniger Wärme erregen sie; je senkrechter — desto mehr. Daher ist es im Winter kalt, im Sommer warm. Daher sind die schrägen Südabhänge der Berge wärmer als die Thäler; weil ihre Flächen mit den Sonnenstrahlen weniger spitze Winkel bilden, als die Thäler und deshalb reift der Wein an den südlichen Bergabhängen, wenn er im Thal nicht mehr gedeiht.

§. 60. Weil die Sonne im Sommer frühe auf und spät wieder untergeht, im Winter aber spät auf und früh untergeht, so kann sie im Sommer lange, im Winter nur kurze Zeit wirken. Es folgt daraus, dass auch von der Dauer der Wirkung die Grösse der Wärme abhängen muss. Denn je länger die Sonne ununterbrochen strahlt, desto mehr Wärme kann sie erregen; je kürzere Zeit, desto weniger. Daher ist es im Sommer wärmer als im Winter.

§. 61. Fassen wir also die Ursachen der verschiedenen Wärme der Jahreszeiten zusammen.

Im Sommer macht die Sonne einen grösseren Tagbogen und steht auch zu Mittag im Meridian hoch, höher als zu andern Zeiten, so dass ihre Strahlen senkrechter auf die Erde herabfallen und deshalb erwärmender sind. Ebenso geht sie im Sommer früh auf und spät wieder unter, kann also viele Stunden hintereinander wirken und die Erwärmung der Erde recht weit treiben; daher die warmen Sommertage. Also: je höher die Sonne steht, je senkrechter daher ihre Strahlen herabfallen und je länger sie von ihrem Aufgange bis zu ihrem Untergange scheint, desto wärmer ist es.

§. 62. Im Winter durchläuft die Sonne kleinere Tagbogen und steht des Mittags im Meridian tiefer am Himmel, deshalb fallen auch ihre Strahlen nicht so senkrecht, sondern schiefer, schräger, abgleitender auf die Erde herab und sind daher nicht so erwärmend; endlich geht sie auch im Winter erst spät auf und schon früh wieder unter; kaum hat sie angefangen, die Erde zu erwärmen, so verlässt sie uns schon wieder. Daher kommen die kalten Wintertage. Also: je niedriger die Sonne steht, je schräger daher ihre Strahlen auf die Erde herabfallen und je kürzere Zeit sie von ihrem Aufgange bis zu ihrem Untergange scheint, desto kälter ist es.

§. 63. Man bemerkt aber auch, dass es nicht auf einmal oder plötzlich kalt oder warm wird, sondern allmählig. Nachdem es im Winter kalt gewesen, wird es nur nach und nach warm und immer wärmer, bis es im Sommer gar heiss geworden ist. Nachdem es im Sommer eine Zeit lang heiss gewesen ist, wird es auch nur allmählig kalt und immer kälter, weil die Sonne im Meridian nicht plötzlich sich erhebt und wieder senkt, sondern nach und nach höher steigt und wieder herabsinkt und weil die Tage nicht auf einmal lang und wieder kurz werden, sondern allmählig zu- und abnehmen. —

Der allmählige Uebergang vom Winter zum Sommer ist der

Frühling; der allmälige Uebergang des Sommers zum Winter der Herbst.

§. 64. Es ist aber auch bekannt, dass Kälte und Wärme in verschiedenen Wintern und Sommern sehr verschieden von einander sind. Kürze und Länge der Tage und die damit verbundenen Standpunkte der Sonne im Meridian, sowie das schräge oder senkrechte Herabfallen der Sonnenstrahlen bewirken folglich nicht allein die verschiedene Wärme der Jahreszeiten; denn sonst müsste die gleichmässige Wärme alle Jahr regelmässig mit dem Jahreszeitenwechsel wiederkehren. Auch fällt die grösste Kälte in der Regel nicht auf den kürzesten Tag, an welchem Tage doch die Sonne den kleinsten Tagbogen durchläuft, des Mittags am niedrigsten im Meridian steht und die Strahlen am schrägsten herabfallen; sondern diese tritt erst später ein, um die Mitte des Januars oder Anfang Februars, wenn die Tage schon länger werden, die Sonne des Mittags höher im Meridian steht und die Strahlen senkrechter herabfallen als am kürzesten Tage. So pflegen auch die heissesten Tage erst nach der Sommer-Sonnenwende einzutreten, wenn alle Verhältnisse im Abnehmen begriffen sind, etwa von der Mitte Juli bis Ende August. Die Zeit der grössten Wärme heisst die Hundstage, weil die Sonne alsdann scheinbar in der Nähe des Sternbildes des grossen Hundes sich befindet; sie dauern vom 24. Juli bis zum 24. August.

Fragen zur Wiederholung.

An welchem Tage ist Frühlingsanfang? In welchen Punkten geht alsdann die Sonne auf und unter? Unter welchem Winkel fallen um Frühlingsanfang die Sonnenstrahlen in Hamburg zur Erde? An welchem Tage liegt der Tagbogen für Hamburg $36\frac{1}{2}^{\circ}$ hoch? Wann durchläuft die Sonne den Aequator? Wann den nördlichen Wendekreis? In welcher Höhe liegt derselbe? Um wie viel Uhr geht die Sonne dann auf und unter? Wie viel Stunden scheint sie also? Wie heisst der Culminationspunkt? Was beginnt an diesem Tage? Wann durchläuft die Sonne den südlichen Wendekreis? Wie hoch liegt derselbe? Wie viel Grad vom Zenith? Unter welchem Winkel fallen für Hamburg die Sonnenstrahlen an diesem Tage zur Erde? Wie gross ist die Morgen- und Abendweite? Wie fallen in Deutschland stets die Sonnenstrahlen? Wo fallen sie senkrecht? In welcher Jahreszeit fallen sie am schrägsten? Wann am senkrechtsten? Was geht von der Sonne aus? Was erweckt das Licht? In welchem Verhältniss? Welcher Unterschied findet zwischen einer Ebene und einem Berg- und Hü-

gellande statt? Wovon hängt die Wirkung der Sonnenstrahlen zweitens ab? Wenn sie schräge fallen, was geschieht dann mit ihnen? Welches Gesetz können wir erkennen? Welche Erscheinung beobachtet man an dem Südabhange der Berge? Wovon hängt drittens die Wirkung der Sonnenstrahlen ab? Welches Gesetz erkennt man daraus? Fasst die drei Gesetze zusammen! Fasst die Gesetze zusammen, wodurch es im Winter kalt wird! Wie heisst der Uebergang vom Sommer zum Winter? Wie heisst der Uebergang vom Winter zum Sommer? Wie ist die Kälte und Wärme in den verschiedenen Jahreszeiten während verschiedener Jahre? Womit trifft die grösste Kälte und die grösste Wärme nicht zusammen? Wie müsste sonst Wärme und Kälte sein? Wann tritt gewöhnlich in einem Jahre die grösste Wärme und Kälte ein? Woher kömmt dies spätere eintreten? Wie nennt man die Zeit der grössten Wärme im Sommer? Woher kömmt diese Bezeichnung? Wie lange dauern die Hundstage?

C. Erscheinungen am nächtlichen Himmel.

a. Im Allgemeinen.

§. 65. Es ist im vorigen § von dem Sternbild des grossen Hundes die Rede gewesen. Wir wollen nun versuchen, dieses Sternbild und wo möglich noch mehrere kennen zu lernen. Zu diesem Zweck betrachten wir an einem heitern Tage gleich nach Sonnenuntergang den Himmel. Dann wird man am Himmelsgewölbe schon einige hell glänzende Punkte blinken sehen; es sind die Sterne. Zuerst werden die am hellsten, allmählig auch die schwächer leuchtenden Sterne sichtbar; es sind grosse und kleine Lichter am Himmelsgewölbe; denn je dunkler es wird, desto mehr bemerkt man, zuletzt gewahrt das Auge eine grosse Menge Sterne.

§. 66. Käme Einer auf den Gedanken, die Sterne einmal zu zählen, so könnte er die ganze Nacht zählen und wäre damit noch nicht zu Ende; denn je länger er auf einen Punkt des gestirnten dunklen Nachthimmels schaut, desto mehr Sterne bemerkt er; da würde er denn bald finden, dass die Sterne unzählbar sind. Es kommen immer mehr und mehr und andere zum Vorschein, die man vorher noch nicht gesehen hat; denn die Sterne sind nicht alle gleich gross, wie das Jeder auf den ersten Blick erkennt. Einige funkeln hell und gross, andere sind klein. Man unterscheidet sie deshalb nach ihrer scheinbaren Grösse als Sterne erster, zweiter, dritter Grösse u. s. w. Man zählt 18 Sterne der ersten Grösse, 55 der zweiten, 197 der dritten.

§. 67. Hier stehen die Sterne dichter, dort weiter von einander entfernt. An einzelnen Stellen vereinigt sich ihr Glanz zu einem weisslichen Schimmer; dies sind Nebelflecke, die, durch das Fernrohr gesehen, in fast lauter einzelne Sterne aufgelöst werden. Stellt man diese Beobachtung an einem recht dunkeln Abende, wenn der Himmel ganz unbewölkt und rein ist, an, so wird man eine grosse Zahl solcher Nebelflecke bemerken. Ein weisslicher Schimmer aber wird sich vor den andern durch seine Ausdehnung auszeichnen. Er erstreckt sich vom Horizont fast durch den Scheitelpunkt bis wieder zum Horizont; es ist der grösste und heisst die Milchstrasse. Beobachtet man sie genauer, so erscheint sie als eine Unzahl kleiner Sterne, die mit dem blossen Auge nicht mehr unterschieden werden können, sondern nur vereint einen matten Lichtschimmer zeigen.

§. 68. An andern Stellen bilden sie einzelne Gruppen und Sternhaufen. Damit man die Sterne besser erkennen und unterscheiden kann, hat man mehrere Sterne und Sternhaufen zu einer Gruppe vereinigt, um jede Gruppe eine Figur oder ein Bild gezeichnet und jeder Gruppe den Namen der Figur oder des Bildes beigelegt; so sind die Sternbilder entstanden. Schon vor uralten Zeiten ist dies geschehen und in der Neuzeit sind andere hinzugefügt, die man früher nicht kannte und nicht beachtete.

§. 69. Die schönsten, in Deutschland sichtbaren Sternbilder sind folgende: Kleiner Bär, grosser Bär, Drache, Cepheus, Cassiopeja, Perseus, Fuhrmann, Zwillinge, Bootes, Krone, Herkules, Leyer, Schwan, Pegasus, Andromeda, Stier, Orion, grosser Hund, kleiner Hund, Löwe, Wage, Skorpion, Adler, Wassermann, Fische, die Plejaden, Jungfrau. Siehe die Schulwandkarte des nördlich gestirnten Himmels von Reuter.

§. 70. Ja man hat sogar den schönsten und grössten Sternen erster Grösse Namen gegeben. Diese Namen stammen theils von den Griechen und Römern, theils von den Arabern her. Namen der grössten Sterne: Pollux und Castor in den Zwillingen, Aldebaran im Stier, Regulus im Löwen, Procyon im kleinen Hunde, Beteigeuze, Bellatrix, die 3 Gürtelsterne und Rigel im Arion, Sirius im grossen Hunde, Gemma in der Krone, Arcturus im Bootes, Atair im Adler, Spica in der Jungfrau, Wega in der Leyer, Capella im Fuhrmann, Deneb im Schwan, Antares im Skorpion, Fomalhaut

im südlich. Fisch, Algenib im Perseus, Sirrah in der Andromeda, Alcyone in den Plejaden.

§. 71. Wenn man diese Sterne mehrere Wochen hinter einander genau beobachtet, so bemerkt man, dass die meisten Sterne nur mit wenigen Ausnahmen ihre gegenseitige Stellung nicht verändern, sondern fort und fort beibehalten. Diejenigen, welche ein Dreieck, Viereck oder eine andere Figur bilden, werden immer in dieser Lage gesehen, man nennt sie darum feste Sterne oder Fixsterne. Die Fixsterne funkeln. — Andere Sterne giebt es, woran man, wenn man sie einige Tage oder Wochen fortwährend beobachtet, eine Veränderung ihrer Stellung zu den übrigen Sternen bemerkt. Sie entfernen sich von diesen, nähern sich andern. Diese heissen Wandelsterne oder Planeten. Die Planeten haben ein ruhiges Licht von verschiedener Farbe.

§. 72. Der Mond gehört auch zu den Himmelskörpern, die vorzüglich in der Nacht erscheinen; aber durch seine Grösse und sein mildes Licht zeichnet er sich vor den Sternen aus, deshalb wollen wir ihn auch in der Folge zuerst näher betrachten. Der Mond scheint. Zuweilen erblickt man am Himmel seltsame Lichtwesen oder Lichtkörper, die sich durch nebelhaften Schimmer, mehr rund oder länglich auszeichnen, gewöhnlich aber bald wieder verschwinden, und, so lange sie sichtbar sind, sich stark am Himmelsgewölbe bewegen. Man nennt sie Haar- oder Schweifsterne, Kometen. Die Kometen und Planeten scheinen.

§. 73. Beobachtet man an einem schönen, klaren Abende den Himmel längere Zeit, so sieht man zuweilen eine Erscheinung, als ob plötzlich ein Stern durch den Himmelsraum flöge und ebenso schnell auch verschwinde. Dies sind Sternschnuppen. Besonders viel erscheinen sie im Februar und November; im Sommer weniger. Im Winter, bei strenger Kälte, sieht man oft an sternhellen Abenden das Himmelsgewölbe nach Norden schnell von einem röthlichen Scheine überzogen, aus welchem Strahlen wie Blitze hervorschiessen, der aber bald wieder verschwindet. Dies ist ein Nordlicht. Die Sternschnuppen und Nordlichter verschwinden schnell.

Fragen zur Wiederholung.

Wann sieht man die Sterne am Himmel? Welche werden zuerst sichtbar? Was sind die Sterne für den Erdenbewohner gleich-

sam? Wie sind sie der Zahl nach für den Menschen? Was für Sterne erblickt man am Himmel ihrer Grösse nach? Wie viel Arten Sterne unterscheidet man nach der Grösse? Wie viel von jeder Art zählt man? Wie stehen die Sterne zu einander? Wie stehen sie an einzelnen Stellen des Himmels? Wie nennt man solchen Schimmer? Worin können diese durch das Fernrohr aufgelöst werden? Einen grossen Lichtschimmer bemerkt man, der vom Horizont bis zum Scheitelpunkt und wieder zum Horizont sich erstreckt, wie heisst dieser? Woher mag dieser Name kommen? Wenn man die Milchstrasse durch das Fernrohr betrachtet, wie erscheint sie dann? Was bilden die Sterne an einzelnen Stellen? Was hat man um diese Gruppen gezeichnet? Wie werden sie benannt? Was sind auf diese Weise entstanden? Wie heissen die schönsten Sternbilder? Wie heissen die schönsten und hellsten Sterne? In welchem Sternbilde findet man Regulus, Sirius, Rigel, Wega, Atair, Pollux und Castor, Capella, Arcturus, Deneb, Gemma, Spica u. a. m.? Was verändern diese Sterne in Bezug auf die Lage zu andern nicht? Wie heissen sie desshalb? Welches Licht zeigen die Fixsterne? Was bemerkt man an andern Sternen in Bezug auf ihre Lage zu andern Sternen? Wie heissen diese Sterne? Was für ein Licht haben die Planeten? Was ist der Mond für ein Körper? Wodurch zeichnet er sich vor den andern Himmelskörpern aus? Was für ein Licht zeigt der Mond? Welche seltsame Lichtwesen erblickt man zuweilen am Himmel? In welcher Form erscheinen sie? Was legen sie am Himmel zurück? Wie nennt man sie? Was glaubte man früher von ihnen? Ist dieser Glaube begründet? Was können sie also nicht bedeuten? Was sind Sternschnuppen? In welchen Monaten erscheinen sie besonders viel? Welche Erscheinung bemerkt man in strengen Wintern? Wie heisst diese Erscheinung? Wie zeigt sie sich? Wo sieht man sie sehr häufig und schön? Was geschieht mit den Sternschnuppen und Nordlichtern?

b. Der Mond.

§. 74. Beobachtet man den Mond mehrere Tage hinter einander, so erscheint er zwar am Abend und in der Nacht; aber man wird bald bemerken, dass er auch am Tage am Himmel steht und dann in der Nacht nicht zu sehen ist; bald sieht man ihn Nachmittags und Abends, bald Morgens und Vormittags mit blassem Lichte am Himmelsgewölbe stehen.

§. 75. Zuweilen sieht er wie eine helle runde Scheibe aus, wir nennen ihn dann Vollmond; zuweilen aber wie eine halbe Scheibe, und zwar sieht man oft die rechte Hälfte, dies ist das erste Viertel; oft die linke Hälfte, und diese wird das letzte Viertel genannt. Ein andermal erblickt man nur einen krummen, schmalen Lichtstreifen am Himmel, der Aehnlichkeit mit

einer Sichel hat, weshalb man auch von der Mondsichel spricht; auch die Sichel erscheint bald nach rechts, bald nach links gekrümmt.

§. 76. In diesen verschiedenen Gestalten steht der Mond aber nicht immer an derselben Stelle des Himmelsgewölbes. Sieht man den Mond des Abends als Sichel, so steht er am westlichen Himmel; sieht man ihn aber Morgens in dieser Gestalt, so steht er am östlichen Himmel. Als Vollmond steht er Abends im Osten, um Mitternacht im Süden und am Morgen im Westen. Das erste Viertel steht Abends im Süden und Mitternacht im Westen; das letzte Viertel steht um Mitternacht im Osten und am Morgen im Süden.

§. 77. Betrachten wir die Erscheinungen, welche der Lauf des Mondes darbietet, etwas genauer. Es sei um die Zeit des Frühlingsanfangs. Die Sonne geht dann im Ostpunkte oder demselben nahe auf, im Westpunkte oder in dessen Nähe unter; jenes um 6 Uhr Morgens, dieses um 6 Uhr Abends, der Tag wie die Nacht dauert 12 Stunden. So wie die Sonne untergegangen ist, bemerken wir den Mond mit seiner vollen runden Scheibe am östlichen Himmel; denn auch der Mond geht um diese Zeit im Ostpunkte oder in der Nähe desselben auf.

§. 78. Von Stunde zu Stunde hebt er sich; er bewegt sich in einem Bogen am Himmel und dieser Bogen hat dieselbe Lage wie der Aequator; es ist also derselbe Bogen, welchen wir als Aequator kennen gelernt haben. Um Mitternacht hat er seinen höchsten Stand im Meridian in einer Höhe von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ erreicht; er culminirt, dann senkt er sich allmählig gegen Westen zu und geht ungefähr im Westpunkte des Morges um 6 Uhr, wenn die Sonne am östlichen Himmel erscheint, unter. Der Vollmond bewegt sich um diese Zeit im Aequator und scheint die ganze Nacht.

§. 79. Am folgenden Tage geht er beinahe eine Stunde später auf und ebenfalls eine Stunde später unter; am zweiten Tage nach dem Vollmonde geht er noch eine Stunde später auf und unter, und zwar vollzieht er beides an jedem Tage eine Stunde später, als am vorhergehenden. Auch findet man, wenn man sich den Ort seines Auf- und Unterganges bei einem Baume oder Hause gemerkt hat, dass er nicht mehr an derselben

Stelle, sondern südlich vom Ostpunkte aufgeht und südlich vom Westpunkte untergeht. Seine Höhe im Meridian wird von Tage zu Tage geringer. Seinen Untergang aber kann man jetzt nicht mehr gut bemerken, denn man sieht ihn nur in blasser Gestalt am westlichen Himmel sich senken; der helle Sonnenschein macht es, dass er so erblasst und ungesehn untergeht.

§. 80. Auch bemerkt man vom Tage des Vollmondes an, dass die volle Lichtscheibe nach und nach abnimmt und zwar, wenn wir ihm das Gesicht zukehren, auf der rechten Seite, so dass wir, wenn wir ihm nahe genug wären, mit unserer rechten Hand in den Mond hineingreifen könnten. Ungefähr 7 Tage nach dem Vollmonde sieht man nur noch die linke Hälfte der Scheibe glänzen oder beleuchtet. Diese Mondgestalt ist das letzte Viertel. Dann geht er um Mitternacht 12 Uhr auf, steigt immer höher, bis er Morgens ungefähr um 6 Uhr, wenn die Sonne am östlichen Himmel aufgeht, den höchsten Stand am Himmel im Meridian erreicht hat, senkt sich dann und geht Mittags 12 Uhr ungesehn unter.

§. 81. Der Aufgang des Mondes erfolgt nun, wie bisher, alle Tage ungefähr eine Stunde später als am vorhergehenden Tage. Der Untergang ungefähr 12 Stunden nachher. Das letzte Viertel nimmt immer mehr ab; etwa 7 Tage nach dem Tage des letzten Viertels, also 14 Tage nach der Zeit des Vollmondes, erscheint der Mond am östlichen Himmel als eine auf der linken Seite liegende, dünne Sichel nur kurz vor dem Sonnenaufgange, bis er endlich ganz in den Sonnenstrahlen verschwindet und gar nicht mehr gesehen wird. Man muss jetzt schliessen, dass er nun mit der Sonne auf- und untergeht. Diese Zeit, in welcher man ihn nicht sieht, nennt man die Zeit des Neumondes. Vom Vollmond bis zum Neumond hat man also abnehmendes Licht.

§. 82. Wenige Tage nach dem Neumond erblickt man den verschwundenen gleich nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel in Sichelgestalt. Jetzt liegt die Sichel auf der rechten Seite, so dass wir mit unserer linken Hand in den Mond hineingreifen könnten. Diese Mondgestalt geht bald nach der Sonne unter. Von Tage zu Tage erscheint der Mond mit wachsendem Lichte bei Sonnenuntergang höher am Himmel, bis man ihn etwa 7 Tage nach dem Neumonde bei Sonnenuntergang im Meridian halb erleuchtet als erstes Viertel erblickt; er ist also

Mittags um 12 Uhr im Osten aufgegangen und scheint von 6 Uhr Abends bis Mitternacht.

§. 83. An jedem folgenden Abend wird er bei Sonnenuntergang mehr am östlichen Himmel gesehen, mit stets zunehmender Lichtgestalt. Etwa 7 Tage nach dem ersten Viertel, also ungefähr 29 Tage nach dem ersten Vollmond, sehen wir ihn abermals als Vollmond am Himmel erscheinen, wiederum bei Sonnenuntergang. In den nächsten 29 Tagen macht er es ebenso. Also:

§. 84. a) Mondgestalt: Vollmond, abnehmende Lichtgestalt, letztes Viertel, Sichelgestalt zur Linken, Neumond, Sichelgestalt zur Rechten, zunehmendes Licht, erstes Viertel, Vollmond.

b) Auf- und Untergang: Aufgang des Vollmondes bei Sonnenuntergang, Mondschein die ganze Nacht, Untergang desselben bei Sonnenaufgang. — Aufgang des letzten Viertels um Mitternacht, Mondschein bis zum Sonnenaufgang, Erblässen des letzten Viertels bei Sonnenaufgang im Meridian, Untergang desselben um Mittag, Mondschein von Mitternacht 12 Uhr bis Morgens 6 Uhr. — Aufgang des Mondes zur Zeit des Neumondes mit der Sonne in der Gegend der Sonne, kein Mondschein bei Nacht, Untergang desselben mit der Sonne und in der Gegend derselben. — Erscheinen des ersten Viertels bei Sonnenuntergang im Meridian, Mondschein am westlichen Himmel von 6 Uhr Abends bis 12 Uhr Mitternachts. Aufgang des ersten Viertels um 12 Uhr Mittags, Untergang 12 Uhr Mitternachts.

c) Die Zeit von einem Vollmond bis zum nächsten Vollmond dauert 29 Tage oder einen Mond oder Monat; eben so viel Zeit verfließt von einer Mondgestalt bis wieder zu derselben. Das Jahr hat 12 Monate; die heissen: Januar, Februar, März, April, Mai, Juni, Juli, August, September, October, November, December.

§. 85. Der Mond ist also nur selten ganz hell, gewöhnlich theils hell, theils dunkel, oft ganz dunkel; er ist hierin der Erde ähnlich, worauf es ja auch zuweilen hell und zuweilen dunkel ist. Wie Tag und Nacht auf der Erde mit einander abwechseln, so auch auf dem Mond. Ist nun der Mond nicht an sich hell, so ist er ein dunkler Himmelskörper; ein selbstleuchtender ist er nicht, sondern ein erleuchteter, und doch wird er ein leuchtender. Wie die Erde von der Sonne erleuchtet wird, so wird

auch der Mond von der Sonne erleuchtet; er hat also stets eine helle und eine dunkle Seite. Freilich sieht man nicht immer die ganze erleuchtete Seite des Mondes, denn dann würde man stets Vollmond am Himmel erblicken.

§. 86. Geht er mit der Sonne auf und unter, so kehrt er der Erde die dunkle Seite zu und diese können wir am Tage nicht sehen, wir nennen dies Neumond. Steht er aber hoch am Himmel, wenn die Sonne unter- oder aufgeht, steht er also von der Sonne seitwärts, so sehen wir nur die Hälfte der erleuchteten Seite, die dunkle Hälfte können wir nicht erkennen; wir sehen also nur ein Viertel des Mondes, deshalb nennen wir es auch Mondviertel, erstes und letztes. Weil das Licht des Mondes kein ursprüngliches, sondern ein zurückgeworfenes ist, so ist es sanft und milde und bei weitem schwächer als das Sonnenlicht; es erleuchtet freundlich den dunklen Pfad des nächtlichen Wanderers.

§. 87. Der Mond erscheint in verschiedener Gestalt, zu verschiedener Zeit und an verschiedenen Stellen des Himmels. Aehnlich der Sonne geht er im Osten auf und im Westen unter und bewegt sich in einem Bogen am Himmelsgewölbe; er ist ein dunkler Himmelskörper, der sein Licht von der Sonne erhält und dieses auf die Erde zurückwirft.

Fragen zur Wiederholung.

Zu welcher Zeit erscheint der Mond am Himmel? Erblickt man ihn nur des Abends und Nachts? In welchen Gestalten kann man ihn erblicken? Was ist Vollmond, erstes und letztes Viertel, Sichelgestalt? In welcher Gegend erblicken wir die Sichel, das erste und letzte Viertel, den Vollmond? Wann geht der Vollmond im Ostpunkt auf und im Westpunkt unter? In welchem Bogen bewegt er sich? Wie viel später geht der Mond jeden Tag auf und unter? Wie liegen die Auf- und Untergangspunkte vom Ost- und Westpunkte? Wie ist seine Höhe im Meridian? Im Sommer erreicht der Mond nur was für eine Höhe im Meridian? Was nimmt nach dem Vollmond ab? Wie lange dauert es? Wie lange hat man abnehmendes und wie lange zunehmendes Licht? Wie viele Tage dauert der Mondwechsel? Wie viel Tage verfließen vom Vollmond bis zum letzten Viertel, zum ersten Viertel, zum Neumond? Wie viel Tage vergehen vom ersten Viertel bis zum letzten Viertel, zum ersten Viertel, zum Vollmond, zum Neumond? Fasst es zusammen, was ihr in Bezug der Mondgestalt, des Auf- und Unterganges und der Zeitdauer wisst! Wie viel Monate hat ein Jahr? Wie heissen sie? Was für ein Körper ist der Mond in

Bezug auf sein Licht? Mit welchem Körper hat er in dieser Hinsicht Aehnlichkeit? Wie steht der Mond zur Sonne bei Vollmond, Neumond, beim ersten und letzten Viertel? Woher erhält der Mond sein Licht? Wie ist das Mondlicht daher? Woher kommt diese Milde? Fasst alles über den Mond in einigen kurzen Sätzen zusammen (§. 87).

c. Die Fixsterne.

§. 88. Beobachten wir jetzt die Erscheinungen am herrlichen Sternenhimmel. Wenn wir nach Sonnenuntergang etwa im Herbste um 6 Uhr Abends unsere Blicke nach Osten richten und merken uns hier einen schönen hellen Stern, die Wega oder den Atair, so werden wir bemerken, dass diese Sterne nach einer Stunde ihre Stelle am Himmelsgewölbe verändert haben; sie sind höher heraufgekommen. Setzen wir unsere Beobachtungen am östlichen Horizonte fort, so werden wir finden, dass nach einander noch mehrere Sterne an ihm heraufsteigen und wir kommen zu dem Schlusse, dass auch die Sterne im Osten aufgehen. Die aufgegangenen Sterne erheben sich in einem Bogen von Stunde zu Stunde mehr, erreichen im Meridian ihre grösste Höhe, senken sich von da gegen Westen, bis sie am Morgen um 6 Uhr am westlichen Horizonte untergehen, wenn die Sonne im Begriffe steht, am östlichen Himmel aufzugehen.

§ 89. Wir haben also gefunden, dass auch die Sterne, wie Sonne und Mond, im Osten auf- und im Westen untergehen, und am Himmel einen Bogen beschreiben. Die untergegangenen Sterne durchlaufen am Tage ebenfalls einen Bogen, der unter dem Horizonte liegt, und erscheinen am folgenden Abende wieder genau an derselben Stelle und zu derselben Zeit am Horizonte, um dort aufzugehen. Sie haben also eine Kreisbahn um die Erde zurückgelegt. Das Himmelsgewölbe mit Sonne, Mond und Sternen scheint sich also in der Richtung von Osten nach Westen in ungefähr 24 Stunden um unsere Erde zu drehen.

§. 90. Wenn wir uns dies recht lebhaft und deutlich vorstellen, so gelangen wir zu der Anschauung, dass wir den Theil des Himmelsgewölbes, welchen wir am Tage über uns haben, am Abend und in der Nacht nicht mehr erblicken, sondern einen ganz andern Theil desselben und dass das, was wir am Morgen im Osten sehen, am Abend im We-

sten sein wird; was am Mittag über dem Horizonte war, wird um Mitternacht unter dem Horizonte sein. Der Himmel ist also nicht nur eine hohle Halbkugel, sondern er bildet eine hohle ganze Kugel, eine Himmelskugel, die sich um die Erde in ungefähr 24 Stunden dreht.

§. 91. Wenn sich ein Wagenrad oder Schwungrad, oder eine Billardkugel oder Kegelkugel dreht, so haben nicht alle Punkte eine gleiche Geschwindigkeit; während ein Punkt an den Felgen des Rades den ganzen Umfang durchläuft, macht ein Punkt an den Speichen nur einen kleinen Kreis und ein Punkt in der Nabe macht einen noch kleineren Kreis. Endlich treffen wir einen Punkt am Rade, der macht gar keinen Kreis, er dreht sich um sich selbst, das Rad oder die Kugel dreht sich um ihn. Je näher ein Punkt diesem Punkte liegt, je langsamer bewegt er sich, einen je kleineren Kreis durchläuft er; umgekehrt, je ferner er liegt, je schneller bewegt er sich und je grössere Kreise durchläuft er.

§. 92. Am Rade ist ein Punkt, an einer Kugel findet man zwei Punkte, um die sie sich dreht. Werden durch diese Punkte Stäbe gesteckt, so gehen diese durch den Mittelpunkt der Kugel oder des Rades. Der Stab, um welchen sich ein Rad oder eine Kugel dreht, heisst die Achse. Die Endpunkte der Achse heissen Pole. Auch die hohle Himmelskugel muss, da sie sich dreht, eine Achse haben, natürlich muss man sich diese nur denken. Dies ist die Himmelsachse und die Endpunkte die Himmelspole. Die Himmelskugel schwingt sich mit Sonne, Mond und Sternen um diese Achse und Pole.

§. 93. Versuchen wir, ob es uns gelingt, am Himmel diese Himmelsachse und Himmelspole zu finden; am schnellsten wird es gelingen, wenn wir die Bewegungen und Bogen der Sterne genau beobachten. Manche Sterne von der zahllosen Menge gehen genau im Ostpunkte auf, im Westpunkte unter, ihre sichtbare Bahn ist ein Halbkreis, sie laufen im Aequator, erreichen im Meridian eine Höhe von $36\frac{1}{2}^{\circ}$ für Hamburg und brauchen vom Auf- bis zum Untergange eine Zeit von 12 Stunden. Andere gehen nördlich, noch andere südlich vom Ostpunkte auf und eben so vom Westpunkte unter.

§. 94. Die Bogen, welche die Sterne durchlaufen, die nördlich vom Ostpunkte aufgehen, sind grösser als ein Halbkreis. Je weiter der Aufgangspunkt gegen Norden liegt, desto mehr nähert sich der Bogen an Grösse einem Kreise. Wer ganz nahe dem Nordpunkte aufgeht, dessen sichtbarer Bogen ist beinahe ein ganzer Kreis. Die Bogen, welche diejenigen Sterne über dem Horizonte durchlaufen, welche südlich vom Ostpunkte aufgehen, sind kleiner als ein Halbkreis. Je weiter nach Süden der Aufgangspunkt eines Sternes liegt, desto kleiner ist der Bogen, den er am Himmel durchläuft. Ein Stern, der ganz nahe dem Südpunkte aufgeht, bleibt nur kurze Zeit sichtbar, erhebt sich nur wenig über den Horizont und verschwindet alsbald wieder.

§. 95. Ueber dem Nordpunkte erblicken wir eine Menge Sterne, die gar nicht untergehen, mithin auch nicht aufgehen, weil sie immer über dem Horizonte schweben. Wir sehen einen jeden von ihnen einen tiefsten und einen höchsten Standpunkt erreichen, die beide im Meridian liegen. Alle Sterne culminiren im Meridian. Die Bahnen dieser nie untergehenden Sterne sind vollkommene Kreise, die in dem Maasse kleiner werden, als sie sich vom Aequator entfernen. Endlich erblicken wir in einer gewissen festen Höhe über dem Nordpunkte des Horizontes einen Stern, der sich (für das blosse Auge) gar nicht zu bewegen scheint. Dies muss also ein Polstern sein.

§. 96. Je näher einer der andern Sterne demselben steht, desto kleiner ist der Kreis, den er um jenen unbeweglichen Stern, oder genauer betrachtet, um einen Punkt, der sich ganz nahe bei demselben befindet, zu durchlaufen scheint. Um diesen unbeweglichen Punkt muss sich also die Himmelskugel schwingen, er muss also in der Achse liegen. Die Himmelsachse hat also fast die Richtung von uns nach dem unbeweglichen Punkte. Da wir die Himmelsachse nicht sehen, sondern uns dieselbe nur vorstellen, so können wir diesen Punkt als Endpunkt ansehen und ihn den Pol nennen. Weil er gegen den Nordpunkt des Horizontes liegt, so heisst er der Nordpol des Himmels und der nahe dem-

selben stehende Stern zweiter Grösse im Schwanze des kleinen Bären der nördliche Polarstern.

§. 97. Alle Sterne bewegen sich scheinbar in Kreisen um den Nordpol des Himmels. Mit der Entfernung vom Nordpol nehmen die Kreisbogen an Grösse zu, bis zum Aequator, welcher der grösste dieser Kreise ist. Weiter südlich nehmen sie in derselben Weise wieder ab. Alle Sterne, die immer über dem Horizonte stehen, erreichen ihren tiefsten Stand in dem Theile des Meridians, welcher zwischen dem Nordpol des Himmels und dem Nordpunkte des Horizontes liegt, ihren höchsten in dem andern Theile des Meridians. Die erste heisst die untere, die andere die obere Culmination. Von dem tiefsten Standpunkte erheben sich die Sterne nach dem östlichen Theil des Himmels; von dem höchsten senken sie sich nach der westlichen Hälfte derselben.

§. 98. Versuchen wir nun, uns die Lage des Nordpols klar zu machen. Es sei Fig. 16. Ht der Horizont von Hamburg, also Z das Zenith und der Pol des Himmels liege in P , so dass Aq der Aequator ist. Da ZH eben so wie $PA = 90^\circ$, so ist auch $ZH = PA$ und folglich $ZP = HA$, d. h. die Höhe des Aequators im Meridian ist dem Abstände des Pols vom Zenith gleich. Oder umgekehrt, die Höhe des Pols Pt ist gleich $ZH \div AH$, also die Polhöhe ist gleich der Entfernung des Zeniths vom Aequator. Da Z senkrecht über dem Orte liegt, so giebt es die Entfernung vom Aequator und vom Pol an oder die geographische Breite, von der wir späterhin noch genauer sprechen werden. ZA ist also gleich der geographischen Breite des Ortes, ZP die Entfernung desselben vom Pol. Da $ZA = Pt$ ist, so ist also die geographische Breite gleich der Polhöhe.

§. 99. Man suche also auf einem guten Atlas die geographische Breite des Ortes zu ermitteln, so hat man die Polhöhe, die Höhe des Aequators im Meridian und die Entfernung der übrigen Kreise und man kann dann leicht alle Grad-Angaben darnach verändern, so dass dies für den Gebrauch des Buches an andern Orten kein Hinderniss sein kann. — Für Hamburg, dessen nördliche Breite $53\frac{1}{2}^\circ$ beträgt, ist $Pt = 90^\circ - 36\frac{1}{2}^\circ = 53\frac{1}{2}^\circ$. Der Nordpol des Himmels ist vom Nordpunkte des Horizontes in Graden des Meri-

dians $53\frac{1}{2}^{\circ}$ entfernt. Der Nordpol ist also vom Zenith $90^{\circ} - 53\frac{1}{2}^{\circ} = 36\frac{1}{2}^{\circ}$ entfernt.

§. 100. Ein Stern, der gerade $53\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Nordpol des Himmels entfernt ist, erreicht seinen tiefsten Stand im Nordpunkte des Horizontes; er berührt denselben, erhebt sich aber gleich wieder, geht nicht unter. Alle diejenigen Sterne, welche zwischen dem Kreise, den der eben angedeutete Stern durchläuft und dem Nordpol stehen, gehen gar nicht unter und heissen Circumpolarsterne. Ein Stern, der $36\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Nordpol steht, erreicht seine grösste Höhe über dem Horizonte im Zenith; er geht durch unsern Scheitelpunkt. Die Bahn eines Sterns, der $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Nordpol des Himmels steht, heisst der nördliche Polarkreis.

§. 101. Die Zeit, welche von einem Durchgange eines auf- und untergehenden Sternes durch den Meridian, bis zum nächstfolgenden Durchgange derselben verfliesst, beträgt im Allgemeinen 24 Stunden. Die Zeit aber, welche verfliesst vom Durchgange eines nicht untergehenden Sternes durch den tiefern Theil des Meridians bis zu seinem Durchgange durch den höhern Theil desselben, beträgt 12 Stunden. Innerhalb 24 Stunden culminirt ein solcher Stern also zwei Mal, jedes Mal nach Verlauf von 12 Stunden. Das eine Mal im untern, untere Culmination, das andere Mal im obern Theil des Meridians, obere Culmination.

§. 102. Wenn wir die angegebenen Zeiträume genauer beobachten, so finden wir, dass von dem Durchgange eines auf- und untergehenden Sternes durch den Meridian bis zum abermaligen Durchgange in der nächsten Nacht, weniger als 24 Stunden verfliessen, nämlich 4 Minuten. Jeder Stern braucht also zur Vollendung seiner Kreisbahn 24 Stunden $\div$ 4 Minuten = $23^{\text{h}}56''$. Da alle Sterne aber verschieden grosse Kreisbahnen haben, so sind auch ihre Geschwindigkeiten, womit sie dieselben durchlaufen, verschieden. Denn bei gleichen Zeiten verhalten sich die Geschwindigkeiten wie ihre Wege zu einander.

§. 103. Mit einem guten Fernrohr kann man auch verschiedene Farben an den Fixsternen erkennen. Dass alle Sterne eben so wie Sonne und Mond, wenn sie über den Horizont heraufkommen, in röthlichen und andern Farben spielen, hat seinen Grund in den Dünsten der Atmosphäre und gehört nicht hierher. Bestimmter lässt sich im Fernrohr darüber urtheilen, wenn eine völ-

lig heitere mondlose Nacht und günstiger Stand der Gestirne dem Beobachter zu Hülfe kommen; indess ist der Farbenunterschied stets nur schwach und mancher sonst sehr gute Beobachter merkt wenig oder nichts davon.

§. 104. Die meisten Sterne, sowol grössere wie kleinere, scheinen weiss zu sein, doch zeigen sich auch hierin verschiedene Grade: Sirius, Wega, Deneb, Regulus und Spica sind entschieden weiss; Aldebaran, Arcturus und vor allem Betelgeuze sind rothe Sterne; Procyon, Capella und Atair sind gelb; Castor ist grünlich, Pollux röthlich; α des grossen Bären und α des kleinen Bären (Polarstern) sind beide gelb. Diese Farben scheinen bei einigen Sternen Veränderungen unterworfen zu sein. Sirius wird von den Alten als roth bezeichnet, jetzt ist nicht das geringste Roth an ihm zu erkennen.

§. 105. Um nun die Sternbilder und hellsten Sterne am Himmel kennen zu lernen, so merke man sich vor allem den Polarstern, ein Stern im Schwanze des kleinen Bären. Eine durch die beiden Hinterräder des sogenannten grossen Wagens (grossen Bären) gezogene und um das Sechsfache verlängerte Linie trifft auf den Polarstern, der zugleich der letzte im Bilde des kleinen Bären ist. Bezogen auf den Polarstern erblickt man dem grossen Bären gegenüber die mit 5 Sternen in Form eines flachen W glänzende Cassiopeja, und seitwärts, nahe rechtwinklig auf der Linie vom grossen Bären zur Cassiopeja, die beiden glänzendsten Sterne des nördlichen Himmels: Wega in der Leyer und Capella im Fuhrmann.

§. 106. Diese 4 Sternbilder: Cassiopeja, Leyer, grosser Bär und Fuhrmann, welche den Polarstern in einer weiten Ellipse umgeben, wird man in jeder Nacht in ganz Deutschland mit Leichtigkeit wieder erkennen. Zwischen dem kleinen Bären, grossen Bären und der Leyer schlingt sich der Drache hindurch; zwischen dem kleinen Bären und der Cassiopeja befindet sich der Cepheus. In der Ellipse liegt zwischen Fuhrmann und Cassiopeja der Perseus mit dem Algenib; zwischen der Cassiopeja und der Leyer liegt der Schwan mit dem Deneb.

§. 107. Eine Linie vom Polarstern über die Mitte der Cassiopeja führt beiläufig auf den Punkt, der vor 2000 Jah-

ren der Frühlingsnachtgleichpunkt war und am Anfange des Widders liegt. Um den jetzigen Frühlingspunkt zu treffen, muss man die Linie vom Polarstern über den westlichsten Hauptstern der Cassiopeja ziehen und sie dann etwa noch zwei Mal verlängern, sie trifft dann diesen Punkt im Bilde der Fische. Südlich vom Fuhrmann liegt der Stier, worin die Hyaden oder Regensterne mit dem Aldebaran und die Plejaden oder Schiffersterne zu finden sind. Weiter gegen Osten erblickt man das Sternbild der Zwillinge mit Castor und Pollux.

§. 108. Eine Linie vom Polarstern aus über den grossen Bären trifft auf den Löwen mit dem Regulus und der Denebola. Zwischen Zwillingen und Löwen liegt der Krebs, der wenig bemerkbare Sterne hat. Westlich vom Löwen zeigen sich Bootes mit dem Arcturus, die Krone mit Gemma, Herkules und südlich davon die Schlange und Ophiuchus; südlich von diesen Sternbildern zeigen sich die Jungfrau mit der Spica, und die Wage und der Scorpion mit dem Antares. Weiter östlich kann man durch den hellglänzenden Stern Atair im Adler die südlicheren Sternbilder Schütze und Steinbock gut auffinden. Oestlich vom Schwan und Adler sieht man das grosse Sternbild des Pegasus und südlich davon den Wassermann und die Fische. Zwischen Pegasus und Perseus ist das schöne Sternbild Andromeda.

§. 109. Im Winter merke man sich das nach Süden liegende schöne gleichseitige Dreieck, welches die drei glänzenden Hauptsterne des Orion, **Beteigeuze**, des kleinen Hundes, **Procyon** und des grossen Hundes, **Sirius** mit einander bilden; Sirius, die unterste Spitze des Dreiecks, ist der hellste des ganzen Sternenhimmels. An diese lassen sich dann leicht zu beiden Seiten die Sternbilder anknüpfen, welche nach Süden in Deutschland noch sichtbar sind und unter denen sich der Wallfisch im Osten und die Wasserschlange im Westen am meisten hervorheben.

Fragen zur Wiederholung.

Was bemerken wir an den Sternen? In welchem Kreise erreichen sie die grösste Höhe? Womit haben sie also Aehnlichkeit?

Was bemerken wir in Bezug auf den Auf- und Untergang der Sterne? Was legen sie am Tage zurück? Was scheint also um die Erde zu schwingen? Wie lange dauert dieser Umschwung? Was für einen Theil des Himmelsgewölbes erblicken wir also am Tage? Was ist das Himmelsgewölbe also? In welcher Zeit dreht sich diese Himmelskugel um die Erde? Was bemerkt man an einem rollenden Wagenrad oder einer Kegelkugel? Welches Gesetz kann man in Bezug auf die Geschwindigkeit bei der Drehung einer Kugel oder eines Rades beobachten? Was für zwei Punkte findet man an einer rollenden Kugel? Wie nennt man den Stab, der durch diese Punkte geht? Wie heissen die Endpunkte der Achse? Was muss die schwingende Himmelskugel auch haben? Was macht die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen um diese Achse und Pole? Was muss man thun, um diese Himmelsachse und Pole wirklich zu beobachten? Was beobachtet man an den Sternen, die im Ostpunkt auf- und im Westpunkt untergehen? Was an denen, die südlich davon auf- und untergehen? Was an denen, die dieses nördlich thun? Welche Sterne beschreiben sichtbare Kreise? Wie sind die Bahnen der Sterne, die südlich vom Ost- und Westpunkt auf- und untergehen? Wo erblicken wir Sterne, die nie auf- und untergehen? Was für Sterne giebt es demnach? Was erreichen die nicht auf- und untergehenden Sterne nur? Wie viel Mal gehen sie durch den Meridian? Wie lange Zeit vergeht von einem Durchgange zum andern? Wie werden die Kreise, welche die nie untergehenden Sterne beschreiben, je weiter sie sich vom Aequator entfernen? Was für einen Stern erblickt man über dem Nordpunkt? Was für ein Stern ist dies? Was bemerkt man an den Sternen, je näher sie diesem Polstern stehen? Was muss also die Himmelskugel thun? Worin muss sich also dieser Punkt befinden? Welche Richtung hat die Himmelsachse? Als was kann man den unbeweglichen Punkt ansehen? Nach welcher Himmelsgegend liegt der Punkt? Wie können wir ihn deshalb nennen? Wie nennen wir den nahe dabei stehenden Stern? In welchen Bahnen bewegen sich die Sterne um den Nordpol? Wie verhalten sich die Bahnen der verschiedenen Sterne zu einander? Bis zu welchem Kreise werden die Bahnen grösser? Welcher ist der grösste Kreis? Wie werden die Bahnen südlich vom Aequator? In welchem Theil des Meridians erreichen die nie untergehenden Sterne ihren höchsten Stand? Wie nennt man diese Culmination? In welchem Theil den tiefsten Stand? Wie heisst diese Culmination? Führt den Beweis, dass die geographische Breite und die Polhöhe gleich ist; ebenso die Aequatorhöhe und die Zenithentfernung des Pols gleich ist. Wie kann man die Gradangaben, Polhöhe, Aequatorhöhe u. s. w. dieses Buches auf andere Oerter übertragen? Welchen Weg legt ein Stern zurück, der so weit vom Pol entfernt steht, wie dieser hoch liegt? Wie nennt man die dazwischen sich bewegenden Sterne? Durch welchen Punkt geht ein Stern, der so weit vom Pol steht, wie der Aequator hoch liegt? Wie heisst die Bahn eines Sternes, der $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Pol entfernt sich bewegt? Wie

viel Stunden verfließen im Allgemeinen zwischen zwei Culminationen eines auf- und untergehenden Sternes? Wie viel aber zwischen zwei Culminationen eines nicht untergehenden Sterns? Wie nennt man die beiden Culminationen? In welchem Theil des Meridians geschieht die untere Culmination? In welchem erfolgt die obere Culmination? Wie viel Zeit gebrauchen die Sterne bei genauerer Beobachtung? Was für Bahnen legen sie zurück? Wie müssen sie sich also bewegen? Welches mathematische Gesetz kommt hier in Anwendung? Was bemerkt man in Bezug auf die Farbe an den Fixsternen? Welche Bedingungen sind erforderlich, um sie zu beobachten? Welche Sterne sind weiss? Welche sind roth, gelb, grünlich, röthlich? Was hat man in dieser Hinsicht an einzelnen Sternen beobachtet? Von welchem Sterne und Sternbilde muss man ausgehen, um die Sterne und Sternbilder ordentlich kennen zu lernen? Es muss nun eine tüchtige Wiederholung der Sterne und Sternbilder nach der namenlosen Sternkarte folgen. —

d. Die Planeten.

§. 110. Beobachten wir jetzt diejenigen Sterne, welche ihre Stellung zu andern Fixsternen am Himmel verändern, die Planeten oder Wandelsterne; ihre Zahl ist im Vergleich zu den tausend und aber tausend Fixsternen nur verschwindend klein. Mit dem blossen Auge kann man nur fünf bemerken, nämlich: Merkur, Venus, Mars, Jupiter, Saturn; durch ein gutes Fernrohr erblickt man noch etwa achtzig mehr. Auch sie erscheinen als leuchtende Punkte am Himmelsgewölbe; betrachtet man sie aber durch's Fernrohr etwas genauer, so erscheinen sie beträchtlich vergrößert, als messbare runde Scheiben mit ruhigem sanften Lichte. Dies Licht geht nicht von ihnen aus, sondern von der Sonne; sie sind also dunkle Körper wie der Mond und die Erde, die von der Sonne erleuchtet werden.

§. 111. Diese erleuchteten Körper erblicken wir am Himmel und können sie an der verschiedenen Farbe ihres Lichtes leicht erkennen und von den Fixsternen unterscheiden. Die Venus ist ein sehr schöner Stern mit mildem, bläulichen, silberglänzenden Lichte; er erscheint zuweilen kurz vor Sonnenaufgang und heisst dann Morgenstern, zuweilen geht er bald nach der Sonne unter und wird dann Abendstern genannt. Der Mars hat ein kupferrothes Licht. Den Jupiter erkennt man an seinem starken silberfarbenen, ins Messinggelbe fallenden Lichte. Der Saturn hat ein schwaches, bleigraues, etwas in's Röthliche spielendes Licht. Der Merkur kann nur selten mit blossen Auge als ein kleiner

Stern mit weisslichem, lebhaft glänzenden Lichte, in der Dämmerung des Morgens und Abends mit Mühe wahrgenommen werden.

§. 112. Jetzt wollen wir die Planeten auf ihrem Wege beobachten. Blicken wir an einem schönen, hellen Abende bald nach Sonnenuntergang nach dem östlichen Horizonte, so werden wir mit den Fixsternen auch den einen oder den andern Planeten im Osten heraufkommen sehen. Von Stunde zu Stunde erhebt er sich, bis er im Meridian den höchsten Stand erreicht hat, dann senkt er sich gegen Westen und geht dort unter. Der durchlaufene Bogen wird nahe dem Aequator, jedenfalls zwischen dem nördlichen und südlichen Wendekreise liegen. Selten liegt der Bogen nördlicher als der nördliche Wendekreis, denn nur selten durchlaufen die Planeten einen Bogen, der für Hamburg höher als 60° im Meridian liegt; nur sehr selten culminiren die fünf grösseren Planeten in einer Höhe von 67° für Hamburg. Die kleineren Planeten können allerdings für Hamburg in einer Meridianhöhe von 70° — 90° culminiren; sie können also durch das Zenith gehen.

§. 113. Die Planeten gehen also auch im Osten auf, erreichen in der Südhälfte des Meridians ihren höchsten Stand, gehen im Westen unter und durchlaufen am Himmel nur Bogen, nie vollkommene Kreise; sie sind nur in der Südhälfte des Himmelsgewölbes zu finden. Setzt man seine Beobachtungen fort, so wird man finden, dass der Planet am folgenden Tage nicht mehr mit demselben Sternbilde und zu derselben Zeit, sondern mit einem andern Sternbilde und später als am vorhergehenden Tage, aufgeht. Dies geschieht regelmässig oft mehrere Tage und Wochen hintereinander. Er rückt dann von einem Sternbilde in das andere, von Westen nach Osten fort, dann heisst er rechtläufig.

§. 114. Nach einiger Zeit bleibt er aber auf einmal mehrere Tage in demselben Sternbilde, geht mit demselben regelmässig auf und unter; plötzlich aber geht er früher auf als das Sternbild und dies setzt er oft viele Tage und Wochen hintereinander fort; jeden Abend kommt er früher und mit einem andern Sternbilde als am vorhergehenden Abende; er rückt also von Osten nach Westen fort und dann wird er rückläufig genannt. So rücken die Planeten bald von Westen nach Osten, bald von Osten nach Westen von einem Sternbilde in ein anderes hin und her, wie in der Irre; deshalb hat man sie auch Irrsterne genannt. Der Lauf der Planeten ist alle Jahr ein anderer; will man genau mit

ihm bekannt sein, so muss man für jedes Jahr eine berechnete Planetentafel haben. (Für 1864 siehe Anhang.)

Fragen zur Wiederholung.

Wie heissen die Sterne, welche ihre Stellung zu den andern Sternen verändern? Wie verhält sich ihre Zahl zu den andern? Wie viele kann man mit blossen Augen bemerken? Wie heissen diese? Wie viel hat man aber mit einem Fernrohr entdeckt? In welcher Form erscheinen die Planeten, wenn man sie durch ein Fernrohr betrachtet? Woher erhalten sie ihr Licht? Wie zeigt sich das Licht? Wodurch können wir die Planeten von den Fixsternen unterscheiden? Was für ein Licht hat Venus? Wie nennt man die Venus? Welches Licht zeigen Mars, Jupiter, Saturn, Merkur? Wo gehen die Planeten auf und unter? Worin erreichen sie ihren höchsten Stand? Was durchlaufen auch die Planeten? Zwischen welchen Bögen liegen auch diese Planetenbahnen? In welcher Höhe für Hamburg können zuweilen die fünf grösseren Planeten culmiren? Bis zu welcher Höhe im Meridian können sogar die kleinen Planeten (für Hamburg) gehen? Sie können also für Hamburg in welchem Punkte culminiren? Durch welche Hälfte des Meridians werden sie nie gehen? An welcher Hälfte des Himmelsgewölbes werden sie nur erblickt? Was beobachtet man an den Planeten, wenn man sich die Zeit und den Ort des Aufgangs gemerkt hat? Wie geschieht diese Veränderung? In welcher Weise rückt der Planet dann am Himmel fort? Wie heisst er deshalb? Was bemerkt man aber, wenn man seine Beobachtungen länger fortsetzt? In welcher Weise scheint er am Himmel sich zu bewegen? Wie nennt man ihn dann? Wann heisst ein Planet rechtläufig? Wann rückläufig? Wie nennt man die Planeten auch, weil sie sich am Himmelsgewölbe von Westen nach Osten und von Osten nach Westen hin- und herbewegen? Kehrt der Lauf der Planeten alle Jahr regelmässig wieder? Was kann man aber schon vorher berechnen?

III. Erscheinungen auf der Horizontfläche und Täuschungen der Sinne.

A. Beobachtungen an Gegenständen bei Bewegungen auf freiem Horizont.

§. 115. Bisher haben wir die Bewegungen der Himmelskörper beobachtet und ihre Erscheinungen festgestellt; jetzt wollen

wir die irdischen Körper bei Bewegungen auf freiem Horizont beobachten und die Erscheinungen etwas näher betrachten, um daran noch etwas zu lernen.

Wenn wir auf freiem Felde in der Ferne die Spitze eines Kirchthurmes bemerken und auf die Stadt oder das Dorf zugehen, so sehen wir nach und nach die Kuppel, die Säulen der Kuppel, das Uhrwerk, das Kirchendach und zuletzt die ganze Kirche.

§. 116. Dort stehen wir an der Küste des Meeres. Der Horizont ist ganz frei und rein. Das Meer ist ruhig, nur ein sanfter Wind kräuselt leicht die Meeresfläche. Plötzlich gewahren wir am fernen Horizont eine feine Spitze; sie kommt näher; es ist eine Flagge dran; es kommt immer näher, wir sehen ein kleines weisses Segel, dann ein grösseres, endlich noch ein grösseres Segel und dann das ganze Schiff. Wir können hieraus lernen, dass ferne Gegenstände allmählig mit ihrem oberen Theile sichtbar werden.

§. 117. Wir stehen am Fusse eines Berges; vor uns breitet sich die Ebene aus. Wir gehen durch die Ebene und schauen uns von Zeit zu Zeit nach dem Berge um. Da gewahren wir, dass das Dorf, welches am Fusse des Berges lag, unserm Blick entschwunden ist. Nur den mittleren und oberen Theil des Berges können wir noch sehen. Setzen wir unsern Weg fort und sehen uns nach einiger Zeit wieder um, so bemerken wir, dass auch die dunklen Wälder des mittleren Gebirgsabhanges verschwunden sind und nur noch die mit Schnee bedeckte glänzende Spitze des Berges sichtbar ist; bis dann endlich nach einiger Zeit auch sie am Horizonte verschwunden ist. Ganz dieselbe Erscheinung beobachten wir bei einem absegelnden Schiffe. Zuerst verschwindet der Rumpf, dann Masten und Segel und zuletzt Flagge und Spitze. Wir erkennen daraus, dass Gegenstände, welche sich von uns entfernen, mit ihrem unteren Theile zuerst und mit ihrem oberen Theile zuletzt verschwinden.

§. 118. Sofern die Horizontfläche eben ist, so treffen wir überall auf der Erde diese Erscheinungen. Wir mögen auf den Gegenstand zugehen oder derselbe mag auf uns zu kommen, in welcher Richtung es auch immer geschehe, stets werden wir seine Spitze zuerst und seinen unteren Theil zuletzt gewahr werden. Wir mögen uns von dem Gegenstande oder der Gegenstand mag sich von uns entfernen in ganz beliebiger Rich-

tung auf der Horizontfläche, immer werden wir den unteren Theil zuerst und die Spitze zuletzt verschwinden sehen.

§. 119. Denken wir uns die sichtbare Erdoberfläche vollkommen eben und gerade, so müsste doch eine Kirche, ein Berg, ein Schiff ganz, wenn auch in Folge der grossen Entfernung klein zu sehenⁿ sein. Ja, es ist denkbar, dass der untere grössere Theil besser, als der obere feinere Theil gesehen werden könnte. Könnten wir einen Gegenstand vor Kleinheit nicht sehen, so müssten wir ihn doch vollkommen sehen können, wenn er die gehörige Grösse erreicht hätte. Es ist also unmöglich, dass auf einer vollkommen ebenen geraden Fläche, die obigen Erscheinungen stattfinden können. Wir müssen also annehmen, dass die Erdoberfläche nirgends vollkommen eben und gerade ist, ja selbst die Meeresoberfläche nicht, sondern die Erscheinungen lassen sich nur dann genügend erklären, wenn wir die Erd- und Meeresfläche als gekrümmt annehmen.

§. 120. Da aber nach allen Richtungen hin dieselben Erscheinungen gleichmässig stattfinden, so müssen wir schliessen, dass die Erdoberfläche nach allen Richtungen gleichmässig gekrümmt sein muss. Reisen wir auf der Erde, wohin wir nur immer wollen, überall werden wir, sofern die Horizontfläche eben ist, dieselben Erscheinungen beobachten. Daraus können wir mit Recht schliessen, dass die Erdoberfläche überall nach allen Richtungen gleichmässig gekrümmt sein muss. Ein Körper, dessen Oberfläche überall gleichmässig gekrümmt ist, muss also ein runder Körper sein und zwar kein anderer als eine Kugel. Dies ist also der erste Beweis für die Kugelgestalt der Erde.

§. 121. Dieser Schluss wird in der That durch die Erfahrung bestätigt. Fährt man mit einem Seeschiffe nach Westen die Elbe oder den Rhein hinunter in's Meer nach England und so fort nach Amerika, um Amerika herum nach Australien und von da nach Asien und Afrika, so kommt man zuletzt mit seinem Schiffe wieder auf denselben Platz aber von Osten her, man hat einen Weg um die Erde zurückgelegt, man ist um die Erde gereist und ist von der entgegengesetzten Gegend wieder an denselben Platz gekommen. Es sind schon viele solcher Reisen um die Erde nach verschiedenen Richtungen gemacht worden, seitdem der Portugiese Ferdinand Magelhaens 1519 sie zuerst umschiffte. Wäre

nun die Erde eine Scheibe oder ein eckiger Körper, so würde gewiss einer dieser vielen Erdumsegler einmal an eine Kante oder Ecke gekommen sein und den Beweis, dass die Erde keine Kugel sei, sehr fühlbar empfunden haben; aber noch nie ist dergleichen geschehen und somit ist dies ein zweiter Beweis und eine Bestätigung für die Kugelgestalt der Erde.

§. 122. Eine solche Reise ist in 2—4 Jahren, je nachdem es geht, gemacht. So umschifften nach Magelhaens die Erde: der Engländer Franz Drake 1577—80; dessen Landsmann Thomas Cavendish 1586—88; der Holländer Olivier von Nort 1598—1600; die Engländer William Dampier 1689—91 und Georg Anson 1740—44; der Franzose Bougainville 1766—69; der Engländer Cook in seinem Leben zwei Mal 1768—71, 1772—75, das dritte Mal 1777 haben ihn die Wilden auf der Insel Owaihi am 14. Febr. 1779 erschlagen. In der neuesten Zeit der russische Admiral Krusenstern und der russische Capitain von Kotzebue, der Engländer Behring. Diese Männer haben überall dieselben Erscheinungen auf der Horizontfläche beobachtet und daraus mit Recht geschlossen, die Erde sei eine Kugel.

§. 123. Beweise für die Kugelgestalt der Erde sind also:

1. Unser Horizont ist überall rund, wo wir auch auf der Erde stehen mögen; wenn wir uns erheben, verliert der Kreis, der uns umgiebt, nicht seine Rundung, er wird nur grösser. Betrachten wir eine Kugel von unzähligen Punkten, so wird, was man von ihr übersieht, immer ein vollkommener Kreis sein; umgekehrt, ein Körper, der von allen Seiten dem Beschauer immer nur das Bild eines Kreises darbietet, muss eine Kugel sein.

2. Die Spitzen hoher Gegenstände sind aus der Ferne früher sichtbar, als die unteren Theile derselben, und bei Entfernungen verschwinden die unteren Theile zuerst und die Spitzen zuletzt. Dies beweist die allseitige Krümmung der Erdoberfläche.

3. Wenn die ganze Erdoberfläche eine ebene Scheibe wäre, so müsste der Theil, den wir übersehen, viel grösser sein; wir überblicken aber, auf welchem Standpunkte wir uns auch befinden mögen, nur einen verhältnissmässig kleinen Theil. Wie dies aus der Tafel §. 7. hervorgeht.

4. Der scheinbare Horizont wird deshalb immer klei-

ner, je näher man der Erdoberfläche steht und grösser, je höher und ferner man steht, weil die Erde eine Kugelgestalt hat und man dann ein grösseres Stück von der Kugeloberfläche übersehen kann, wenn man höher steht und ferner sich befindet.

5. Würden wir auf dem Monde sein, so könnten wir die halbe Erdoberfläche übersehen, nämlich die Halbkugel, die dem Monde zugekehrt wäre. Der Kreis, der die Erde in zwei Halbkugeln theilt, eine aus weiter Ferne sichtbare und eine unsichtbare, der heisst der wahre Horizont; der scheinbare Horizont ist auf der Erdoberfläche.

6. Die vielen Erdumsegelungen und die dabei gemachten Erfahrungen sind ebenfalls Beweise für die Kugelgestalt der Erde.

§. 124. Aus der Kugelgestalt der Erde folgt, dass die Erde

1) frei in der hohlen Himmelskugel schwebt und von derselben eingeschlossen wird;

2) dass Sonne, Mond und Sterne sich mit der Himmelskugel um die Erde drehen;

3) dass die Erdkugel kein Oben und Unten hat, sondern überall auf der Erde Oben heisst, was über unserm Kopfe, und Unten, was unter unsern Füßen ist.

§. 125. Die Erde ist aber eine sehr grosse Kugel, die wir uns kaum vorstellen können; denn wir gebrauchen noch jetzt 2—2½ Jahren, um sie zu umreisen, obgleich heut zu Tage das Reisen sehr schnell geschehen kann. Die höchsten und grössten Gebirge, und die schönsten, grössten menschlichen Bauwerke sind doch elendiglich klein gegen die Erde. Ungeachtet der Kugelgestalt der Erde, erscheint uns ihre Oberfläche als eine Ebene, was allein die Folge ihrer beträchtlichen Grösse ist. Selbst von Bergspitzen, die eine Höhe von 10,000' haben, übersieht das Auge $\frac{1}{40000}$ des ganzen Flächenraumes der Erde und dieser kleine Theil erscheint daher als Ebene. — Freilich gegen die Himmelskugel, woran Sonne, Mond und Sterne stehen, verschwindet die Erde mit ihrer Grösse ganz und gar; da bildet sie nur ein ganz kleines Pünktchen im unermesslichen Himmelsraume. — Die grosse Erdkugel bildet man auf einer kleinen Kugel ab. Eine solche Kugel, worauf das Land mit Bergen und Hügeln, Flüssen und Städten, das Meer mit seinen Inseln, Meerbusen, Meerengen und Strömungen abgebildet ist, heisst ein Globus.

§. 126. Fassen wir nun die bisher beobachteten Erscheinun-

gen und die Resultate derselben kurz zusammen, so sind es etwa folgende:

- 1) Die Erde ist eine grosse Kugel; sie hat kein Oben und kein Unten.
- 2) Sie wird von der unendlich grossen, hohlen Himmelskugel umschlossen.
- 3) In der hohlen Himmelskugel schwebt die Erde frei, wie Sonne, Mond und Sterne.
- 4) Sonne, Mond und Sterne gehen für die Erde im Osten auf und im Westen unter. Sie durchlaufen einen Bogen.
- 5) Dies geschieht in schräger Richtung gegen den Horizont. Die Bögen liegen schräge nach Süden.
- 6) Im südlichen Theile des Meridians erreichen alle den höchsten Stand. Einige Sterne gehen gar nicht unter, sondern drehen sich in vollkommenen Kreisen um den Himmelspol, in dessen Nähe der Polarstern steht.

§. 127. Aus dieser Zusammenstellung folgt, dass die Erde im Himmelsraum feststehen und die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen in schräger Richtung von Osten nach Westen um die Erde sich schwingen und um den Polarstern in 24 Stunden drehen muss. — Sollte dies wirklich so sein? Sollte die unermessliche Himmelskugel mit der grossen leuchtenden und erwärmenden Sonne, dem mildglänzenden Mond und den unzählbaren funkelnden Sternen um die kleine, dunkle Erde sich schwingen? Kommt man da nicht ganz natürlich auf die Vermuthung, dass es doch möglicher Weise anders sein könnte, als man beobachtet; dass man durch die Erscheinungen getäuscht werde und dass diese ganz anders vor sich gehen können, als man glaubt? Es ist daher nothwendig, dass man sich nach andern ähnlichen Erscheinungen in unserer Nähe umsieht, um die daran gemachten Beobachtungen und Erfahrungen auf die Erscheinungen am Himmel zu übertragen und dann Folgerungen und Schlüsse für die Wahrheit der Erscheinungen und Thatsachen daraus zu ziehen, denn das letztere ist der grosse Endzweck der Astronomie.

Fragen zur Wiederholung.

Welche Bewegungen sind bis jetzt betrachtet worden? Was hat man festgestellt? Welche Körper sollen jetzt bei ihren Bewegungen auf freiem Horizont beobachtet werden? Was bemerken wir

wenn wir auf einen entfernten hohen Gegenstand zugehen? Oder wenn ein entfernter hoher Gegenstand auf uns zukommt? Welches Gesetz können wir daraus lernen? Welche Erscheinung beobachtet man, wenn man sich von einem hohen Gegenstande allmählig entfernt? Oder, wenn sich ein hoher Gegenstand von uns allmählig entfernt? Welches Gesetz können wir daraus lernen? Wie muss die Horizontfläche sein, wenn wir diese Erscheinungen bemerken wollen? Fasst die Erscheinungen noch einmal zusammen! Wie würde wohl die Erscheinung sein, wenn die Erdoberfläche vollkommen eben und gerade wäre? Zu welchem Schlusse kömmt man? Was müssen wir also annehmen? Unter welcher Bedingung lassen sich die Erscheinungen nur erklären? Zu welchem Schlusse gelangt man, da dieselben Erscheinungen nach allen Richtungen auf der Erdoberfläche gleichmässig stattfinden? Was folgt daraus, da es überall stattfindet? Was folgt aus diesem Schluss für die Gestalt der Erde? Welche Gestalt hat also die Erde? Wodurch wird dieser Schluss bestätigt? Was kann man um die Erde zurücklegen? Wer war der erste Erdumschiffer? In welchem Jahre machte er sie? Was würde er wohl gefunden haben, wenn die Erde keine Kugel wäre? Wie lange dauerte eine solche Reise früher? Wie schnell will man jetzt eine solche machen? Nennt mir noch andere Erdumschiffer! Wer war der berühmteste? Welches Schicksal hatte er? Wie heisst der erste, zweite u. s. w. Beweis für die Kugelgestalt der Erde? Was ist der wahre Horizont? Was der scheinbare Horizont? Wodurch unterscheiden sie sich? Welche Folgerungen müssen wir aus der Kugelgestalt der Erde ziehen? Was für eine Kugel ist die Erde? Wie viel können wir nur davon übersehen? Wie erscheint uns dieses Stück? Wie verhält sich die Erde aber gegen die Himmelskugel? Wie bildet man die Erdkugel ab? Wie heisst eine solche Abbildung? Stellt die bisher beobachteten Himmelserscheinungen und die Resultate derselben kurz zusammen! Was folgt aus dieser Zusammenstellung? Ueberlegt, ob dieser Schluss wol richtig sein kann? Was habt ihr für Gründe gegen oder für die Richtigkeit? Auf welche Vermuthung kommt man? Was ist daher nothwendig? Zu welchem Zwecke muss es geschehen? Worin besteht der letzte und höchste Zweck der Astronomie?

B. Täuschungen der Sinne durch Bewegungen und Schlussfolgerungen.

§. 128. Reisende, welche in einem rasch dahinsausenden Eisenbahnwagen sitzen und zum Fenster hinaussehen, glauben oft, dass die nahe stehenden Bäume, Bahnwärterhäuser, Telegraphenstangen u. s. w. mit rasender Schnelligkeit an ihnen vorüberfliegen; beobachten sie dagegen die entfernteren Gegenstände, so bewegen diese sich schon langsamer, bis endlich die Gegenstände am

fernen Horizonte sich ganz langsam bewegen. Sie selbst aber glauben im ruhenden Zustande zu sein. Und doch ist gerade das Gegentheil der Fall. Sie bewegen sich im Eisenbahnwagen fort; die Gegenstände um sie und neben ihnen ruhen. Auch in einem schnell und gleichmässig auf der Chaussée dahinfahrenden Kutschwagen, oder auf einem Dampfschiffe kann man diese Beobachtungen machen.

§. 129. Ganz dieselben Erscheinungen, nur in anderer Weise, beobachtet man in einem sich schnell drehenden Caroussel. Da scheint es uns, als ob die umstehenden Zuschauer und Dinge in wilder Eile sich um das Caroussel schwängen, wir dagegen völlig ruhig stehen oder sitzen; während von allem gerade das Gegentheil stattfindet. Dasselbe beobachtet man an jedem sich bewegenden Spinnrad oder Kreisel. So z. B. sieht es aus, als ob der Kreisel völlig ruhig auf dem einen Bein steht, während er sich doch mit grosser Schnelligkeit um sich selbst schwingt.

§. 130. Beobachten wir diese scheinbaren Bewegungen etwas genauer, so werden wir finden, dass sie scheinbar immer in entgegengesetzter Richtung erfolgen, wie die wirkliche Bewegung vor sich geht. Ferner muss die wirkliche Bewegung eine schnelle und gleichförmige sein; sobald sie langsamer erfolgt oder unterbrochen wird, hört die Täuschung auf. Die Täuschung des Sinnes erklärt sich eben aus der Schnelligkeit und Gleichförmigkeit der Bewegung. Das Auge des Beobachters findet nicht genügende Ruhe und besitzt bei keinem Menschen die erforderliche Schärfe und Schnelligkeit, die ruhenden Punkte ausser ihm aufzufassen; stets treten neue und immer andere Gegenstände in den Gesichtswinkel, bevor sie gehörig beobachtet werden können.

§. 131. Die Täuschung entsteht aber auch dadurch, dass wir uns in oder auf dem Gegenstande befinden, der sich bewegt. Somit sind wir allerdings in Bezug auf den sich bewegenden Gegenstand in Ruhe; aber beziehungsweise auf die Umgebung bewegen wir uns mit dem sich bewegenden Gegenstand fort. Die Ruhe ist also nur scheinbar. Würden wir ausserhalb der Bewegung sein, so würden wir sie bestimmt bemerken; nun aber verwechseln wir Ursache und Erscheinung und müssen erst durch Schlussfolgerungen auf die wirkliche Ursache kommen. Obgleich wir wissen, dass wir uns bewegen, so abstrahiren wir von der wirklichen Bewegung und nehmen für die Erscheinung eine andere Ursache an. So ent-

steht die Täuschung. Also: Die scheinbar sich bewegenden Gegenstände ruhen und die scheinbar ruhenden Gegenstände bewegen sich.

§. 132. Wir haben schon oben die frühere Behauptung, die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen schwinde sich um die kleine dunkle Erde, bezweifelt und es für undenkbar gehalten. Jetzt werden wir auf die Vermuthung kommen, dass diese Erscheinung auf einer Täuschung unserer Sinne beruht; denn wir haben gefunden, dass eine solche Täuschung unserer Sinne auf dem freien Horizonte in unserer Nähe durch Bewegungen wirklich stattfinden kann; sollte dies nun nicht viel mehr bei jenen ungeheuren Entfernungen geschehen können? Es ist also klar, dass auch bei der Bewegung der Himmelskugel um die Erde eine Täuschung unserer Sinne stattfindet. Der Satz: „Die Erde ruht und die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen schwingt sich um die Erde,“ wird jetzt umgekehrt so heißen: „Die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen ruht und die Erde bewegt sich.“ Nur muss die Bewegung der Erde eine Richtung haben, welche der Richtung der scheinbaren Himmelsbewegung entgegengesetzt ist. Bewegt sich die Himmelskugel scheinbar von Osten nach Westen, so muss sich die Erde also wirklich von Westen nach Osten bewegen.

§. 133. Eine solche Bewegung der Erdkugel kann nun auf keine einfachere Weise geschehen, als dass sie sich um ihre Achse dreht. Da die Himmelskugel sich nicht dreht, so hat sie auch keine Achse; die Erde aber muss eine Achse haben, denn sie dreht sich. Die Drehung der Erde ist in umgekehrter Folge auf die Himmelskugel übertragen worden und dadurch dort die Achse gefunden. Wir haben also die Erdachse durch die Himmelsachse kennen gelernt. Denn die Richtung der Erdachse liegt selbstverständlich in der Richtung der Himmelsachse, ja es ist selbst die scheinbare Himmelsachse; sie hat also dieselbe Lage zur Sonne, wie die Himmelsachse. Die Drehung der Erde geschieht natürlich in entgegengesetzter Richtung, wie der scheinbare Umschwung der Himmelskugel. Da diese sich nun von Osten nach Westen zu schwingen scheint, so muss sich die Erdkugel wirklich von Westen nach Osten um sich selbst drehen und dies geschieht einmal in ungefähr 24 Stunden.

Fragen zur Wiederholung.

Welche Beobachtung glauben Reisende, die in einem rasch dahinsausenden Eisenbahnwagen sitzen, zu machen? Wie verhält es sich aber? Wo kann man ähnliche Beobachtungen machen? Welche Erscheinungen beobachten Leute, die in einem Caroussel sitzen? Was findet aber wirklich statt? Welche Dinge zeigen ähnliche Erscheinungen? Wenn man die scheinbaren Bewegungen etwas genauer betrachtet, zu welchem Schluss kommt man dann? Wie muss die wirkliche Bewegung sein? Was bemerkt man, wenn die wirkliche Bewegung langsamer oder unterbrochen wird? Woraus erklärt sich die Täuschung des Auges? Wie kann man sich die Täuschung erklären? Was ist eine fernere Ursache der Täuschung? Wie befinden wir uns deshalb in Bezug auf den sich bewegenden Gegenstand? Wie aber zu der Umgebung? Was für eine Ruhe ist es also? Wann würden wir die wirkliche Bewegung wohl bemerken? Was verwechseln wir nun aber? Wodurch müssen wir erst die wirkliche Ursache erkennen? Was nehmen wir an, indem wir von der Wirklichkeit abstrahiren? Welches Gesetz können wir uns aus diesen Beobachtungen ableiten? Was haben wir gegen die Behauptung, die Himmelskugel mit Sonne, Mond und Sternen bewege sich, schon früher gehegt? Zu welcher Vermuthung gelangt man jetzt? Woraus ziehen wir diesen Schluss? Woher ist es sehr möglich, dass wir uns in Bezug auf die Bewegung der Himmelskörper täuschen? Wie muss also der Satz über die Bewegung der Himmelskörper lauten? Wie muss diese Bewegung vor sich gehen? Wie muss sich die Erde wirklich bewegen? Wie kann eine solche Bewegung der Erdkugel am einfachsten stattfinden? Was hat die Himmelskugel nicht? Was muss aber die Erde haben? Was ist nur auf die Himmelskugel übertragen worden? Was hat man dadurch gefunden? Wodurch haben wir also die Erdachse kennen gelernt? Welche Richtung hat die Erdachse? In welcher Richtung dreht sich die Erde? In welchem Zeitraum dreht sich die Erde einmal um sich selbst?

IV. Die Erde als Weltkörper.

A. Die Erde.

§. 134. Mathematische Eintheilung. Die Erde dreht sich um ihre Achse Fig. 17. von Westen nach Osten; die Endpunkte dieser Erdachse sind die Pole. Derjenige Pol, der nach dem Himmelsnordpol gerichtet ist, heisst auch Nordpol, ihm entgegengesetzt ist der Südpol; zwischen beiden, die Erdachse; im Innern der Erde liegt der Mittelpunkt. Wie wir am Him-

mel den Himmelsäquator kennen gelernt haben, der die Himmelskugel in zwei gleiche Theile theilt und Tag und Nacht gleich macht, so können wir uns diesen Kreis auf die Erde übertragen denken. Denkt man sich einen Kreis gleich weit von beiden Polen um die Erde gezogen, so heisst dieser Kreis Erdäquator, Gleicher oder Linie, wie die Seefahrer den Aequator kurz nennen.

§. 135. Durch den Aequator wird die Erde in zwei Hälften getheilt, in die Nordhälfte und Südhälfte oder in die nördliche und südliche Halbkugel. Befindet man sich am Nordpol der Erde, so hat man den Nordpol des Himmels gerade über sich, er ist also der Scheitelpunkt oder das Zenith. Der Nordpolarstern steht dann fast im Zenith; der entgegengesetzte Punkt an der Himmelskugel ist der Südpol des Himmels; dieser ist unser Nadir. Stehen wir am Südpol der Erde, so ist der Südpol des Himmels unser Zenith, und der Nordpol des Himmels unser Nadir. Wie wir uns durch unser Zenith Scheitelkreise an die Himmelskugel gelegt denken und einer dieser Kreise, der durch den Nord- und Südpunkt des Horizontes, folglich auch durch den Nordpol und Südpol des Himmels geht, der Meridian heisst, so können wir uns auch solche um die Erde durch beide Pole gelegt denken, dies sind dann Erdmeridiane. Der Erdäquator hat die Richtung von Westen nach Osten; die Erdmeridiane von Norden nach Süden.

§. 136. Den Erdäquator und die Erdmeridiane theilt man, wie alle Kreise, in 360° , jeden Grad in $60'$ und jede Minute in $60''$. Diese Kreise werden auf dem Globus verzeichnet. Durch zwei einander gegenüberliegende Theilpunkte des Aequators denkt man sich einen Meridian gelegt, so dass auf diese Weise 180 Meridiane entstehen, welche alle am Aequator einen Grad von einander entfernt sind; man nennt diese Meridiane auch Längenkreise; auf dem Globus zeichnet man gewöhnlich nur diejenigen Längenkreise, welche 10° von einander entfernt sind. Um die Meridiane oder Längenkreise zu zählen, muss man an einem fest bestimmten Punkte anfangen. Wir Deutschen denken uns den ersten Meridian oder Längenkreis durch die im atlantischen Ocean, an der Westküste Afrika's liegende Insel Ferro gehend und zählen von hieraus 180 Halbmeridiane nach Osten und 180 Halbmeridiane nach Westen; man kann deshalb östliche und westliche Längenhalkreise unterscheiden. Die Franzosen

legen den ersten Meridian durch Paris; die Engländer durch Greenwich; Paris liegt 20° und Greenwich $17^{\circ}39'45''$ östlich von Ferro.

§. 137. Denkt man sich gleichlaufend mit dem Aequator Kreise um die Erde gezogen und auf dem Globus verzeichnet, so sind dies Parallelkreise, die, wie die Kreisbahnen der Fixsterne nach den Polen kleiner und am Pol selbst zu einem Punkte werden. Denkt man sich den ersten Meridian auf beiden Seiten des Aequators nach den Polen hin in 90° getheilt, und legt durch jeden Grad einen Parallelkreis, so entstehen 180 Parallelkreise, welche alle einen Grad von einander entfernt sind und zwei nur einen Punkt bilden, nämlich die Pole; auf dem Globus verzeichnet man diejenigen Parallelkreise nur, welche 10° von einander liegen. Die Parallelkreise heissen auch Breitenkreise, diejenigen, welche nördlich vom Aequator liegen, die nördlichen Breitenkreise, welche südlich liegen, die südlichen Breitenkreise.

§. 138. Der Tageskreis, welchen die Sonne am 21. Juni scheinbar durchläuft und der $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Aequator nach Norden und parallel mit ihm liegt, heisst nördlicher Wendekreis; denken wir uns diesen Parallelkreis auf die Erde übertragen und auf dem Globus verzeichnet, so haben wir den nördlichen Wendekreis; übertragen wir aber den Tageskreis, welchen die Sonne am 21. December scheinbar am Himmel durchläuft und der auch $23\frac{1}{2}^{\circ}$ nach Süden vom Aequator entfernt und parallel mit ihm liegt, auf die Erde und verzeichnen ihn auf dem Globus, so haben wir den südlichen Wendekreis. Denken wir uns den Kreis, welchen ein Stern, der $23\frac{1}{2}^{\circ}$ vom Nordpol des Himmels entfernt steht, und diesen durchläuft, auf die Erde übertragen und verzeichnen ihn auf dem Globus, so ist dies der nördliche Polarkreis; ganz in derselben Weise kann man sich den südlichen Polarkreis übertragen und auf dem Globus verzeichnet denken. Wendekreise und Polarkreise sind besondere Breitenkreise.

§. 139. Wie die Erde durch den Aequator in eine nördliche und südliche Halbkugel und durch den ersten Meridian von Ferro in eine östliche und westliche Halbkugel getheilt wird; so kann man sie durch die Wendekreise und Polarkreise in 5 Zonen eintheilen. Die Gegend der Erde zwischen den beiden Wendekreisen ist die heisse Zone; zwischen

dem nördlichen Wendekreis und nördlichen Polarkreis ist die nördliche gemässigte Zone, zwischen dem südlichen Wendekreis und südlichen Polarkreis ist die südlich-gemässigte Zone; innerhalb der beiden Polarkreise liegen die kalten Zonen, die nördliche und südliche; es giebt also zwei kalte, zwei gemässigte und eine oder zwei heisse Zonen.

§. 140. Durch die Längen- und Breitenkreise kann man sowol die Lage eines Ortes oder Punktes als auch einer Fläche auf der Erdoberfläche genau bestimmen und noch viel genauer werden diese Ortsbestimmungen dadurch, dass man die Längen- und Breitengrade wieder in Minuten und diese in Secunden eintheilt. Statt des Wortes „Längen- und Breitenkreise“ gebraucht man kurz: „Länge und Breite“ und spricht von östlicher und westlicher Länge, nördlicher und südlicher Breite. Will man einen Ort oder Punkt auf der Erde bestimmen, so giebt man den Längen- und Breitengrad an, welche sich dort durchschneiden; bestimmt man eine Fläche, so giebt man an, zwischen welchen Längen- und Breitengraden sie liegt. Hamburg liegt also auf dem $53^{\circ}33'$ nördlicher Breite und $27^{\circ}38'21''$ östlicher Länge von Ferro, d. h. auf dem Durchschnittspunkt dieses Breiten- und Längenkreises. Deutschland liegt zwischen $22-37^{\circ}$ östl. L. und $45-55^{\circ}$ nördlicher Breite.

§. 141. Da aber die geographische Breite gleich der Polhöhe eines Ortes ist, so ist also die Polhöhe von Hamburg $53^{\circ}33'$ oder $53\frac{1}{2}^{\circ}$. Weil aber durch die geographische Breite oder Polhöhe eines Ortes sich die andern astronomischen Bögen, wie Höhe des Aequators und der Wendekreise, Zenithdistanz u. s. w. bestimmen lassen, so folge hier eine Tabelle der Polhöhe der wichtigsten Städte.

Orte.	Länge von Ferro.	Breite. (Polhöhe).	Orte.	Länge von Ferro.	Breite. (Polhöhe).
	Oestl.	Nördl.		Oestl.	Nördl.
Athen	$41^{\circ}32'$	$38^{\circ} 5'$	Darmstadt	$26^{\circ}15'$	$49^{\circ}56'$
Augsburg	28 33	48 21	Danzig	36 19'	54 19
Amsterdam	22 30	52 22	Frankfurt a.M.	26 1	50 7
Berlin	31 3	52 31	Frankfurt a.O.	32 20	52 20
Breslau	34 40	51 5	Göttingen	27 36	51 32
Brüssel	22	50 50	Gothenburg	29 30	57 30
Cöln	24 35	50 15	Hamburg	27 38	53 33
Constantinopel	46 36	41 1	Heidelberg	26 23	49 25

Orte.	Länge von Ferro.	Breite. (Polhöhe).	Orte.	Länge von Ferro.	Breite (Polhöhe).
	Oestl.	Nördl.		Oestl.	Nördl.
Innsbruck	29° 3'	47° 16'	Paris	20° 0'	48° 50'
Königsberg	38 10	54 43	Petersburg	47 59	59 56
Leipzig	30 1	51 20	Prag	32 5	50 5
London	17 35	51 31	Rom	30 9	41 54
Lissabon	8 40	38 40	Riga	41 47	56 57
Mannheim	26 7	49 29	Stralsund	31 12	54 19
München	29 14	48 8	Venedig	30 0	45 15
Nantes	16 3	46 30	Wien	34 2	48 12
Ofen-Pesth	36 45	47 30	Worms	26 1	49 38

§. 142. Grösse der Erde. Die Erde ist keine ganz vollkommene Kugel, sondern an beiden Polen etwas abgeplattet. Denkt man sich von einem Ort aus eine gerade Linie durch die Erde und deren Mittelpunkt gehend, so ist dies der Durchmesser, bis zum Mittelpunkt heisst sie Halbmesser. Der Durchmesser der Erde ist 1716 Meilen lang, der Halbmesser also 858 Meilen. Weil die Erde an beiden Polen abgeplattet ist, so muss die Erdachse kürzer als ein gewöhnlicher Durchmesser sein, sie ist nur 1713 Meilen, ihr Halbmesser 856,5 Meilen; ein Erddurchmesser unter dem Aequator aber ist 1719 Meilen lang, der Halbmesser 859,4 Meilen. Soll der Umfang einer Kugel berechnet werden, so muss man den Durchmesser mit der Zahl 3,1415 multipliciren. Der Umfang der Erde ist also $3,1415 \times 1719$ Meilen = 5400 Meilen; dies ist die Länge des Aequators. Wollen wir nun die Grösse der Erdoberfläche nach □ Meilen berechnen, so finden wir diese, wenn wir den Umfang mit dem Durchmesser multipliciren, also: $5400 \times 1719 = 9,282,600$ □ Meilen.

§. 143. Der Umfang des Aequators 5400 Meilen beträgt für jeden Grad desselben 15 Meilen; da aber die Parallel- oder Breitenkreise vom Aequator nach beiden Polen regelmässig kleiner werden, so können ihre Grade auch nicht dieselbe Länge haben, wie die Grade des Aequators. Ein Längengreis hat auch 5400 Meilen, jeder Grad desselben also 15 Meilen; da die Längengreise alle durch beide Pole gehen, so sind sie auch gleich gross, folglich sind auch ihre Grade stets gleich lang, jeder Grad eines Längengreises beträgt 15 Meilen.

Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen
0 ⁰	15	21 ¹ / ₂ ⁰	13,956	43 ⁰	10,970	64 ¹ / ₂ ⁰	6,458
¹ / ₂	14,999	22	13,907	43 ¹ / ₂	10,881	65	6,339
1	14,998	22 ¹ / ₂	13,858	44	10,790	65 ¹ / ₂	6,220
1 ¹ / ₂	14,994	23	13,807	44 ¹ / ₂	10,699	66	6,101
2	14,990	23 ¹ / ₂	13,755	45	10,607	66 ¹ / ₂	5,981
2 ¹ / ₂	14,988	24	13,703	45 ¹ / ₂	10,514	67	5,861
3	14,979	24 ¹ / ₂	13,649	46	10,419	67 ¹ / ₂	5,740
3 ¹ / ₂	14,972	25	13,605	46 ¹ / ₂	10,352	68	5,619
4	14,963	25 ¹ / ₂	13,538	47	10,230	68 ¹ / ₂	5,497
4 ¹ / ₂	14,954	26	13,482	47 ¹ / ₂	10,134	69	5,375
5	14,944	26 ¹ / ₂	13,424	48	10,037	69 ¹ / ₂	5,253
5 ¹ / ₂	14,931	27	13,365	48 ¹ / ₂	9,939	70	5,130
6	14,918	27 ¹ / ₂	13,305	49	9,841	70 ¹ / ₂	5,007
6 ¹ / ₂	14,904	28	13,244	49 ¹ / ₂	9,742	71	4,884
7	14,888	28 ¹ / ₂	13,182	50	9,642	71 ¹ / ₂	4,759
7 ¹ / ₂	14,871	29	13,119	50 ¹ / ₂	9,541	72	4,636
8	14,853	29 ¹ / ₂	13,055	51	9,440	72 ¹ / ₂	4,522
8 ¹ / ₂	14,835	30	12,990	51 ¹ / ₂	9,338	73	4,385
9	14,815	30 ¹ / ₂	12,924	52	9,234	73 ¹ / ₂	4,260
9 ¹ / ₂	14,794	31	12,857	52 ¹ / ₂	9,131	74	4,134
10	14,771	31 ¹ / ₂	12,789	53	9,027	74 ¹ / ₂	4,008
10 ¹ / ₂	14,748	32	12,721	53 ¹ / ₂	8,922	75	3,882
11	14,724	32 ¹ / ₂	12,651	54	8,817	75 ¹ / ₂	3,765
11 ¹ / ₂	14,698	33	12,580	54 ¹ / ₂	8,699	76	3,629
12	14,672	33 ¹ / ₂	12,508	55	8,604	76 ¹ / ₂	3,502
12 ¹ / ₂	14,644	34	12,430	55 ¹ / ₂	8,496	77	3,374
13	14,615	34 ¹ / ₂	12,362	56	8,388	77 ¹ / ₂	3,247
13 ¹ / ₂	14,585	35	12,287	56 ¹ / ₂	8,279	78	3,119
14	14,554	35 ¹ / ₂	12,212	57	8,169	78 ¹ / ₂	2,990
14 ¹ / ₂	14,522	36	12,135	57 ¹ / ₂	8,059	79	2,862
15	14,488	36 ¹ / ₂	12,058	58	7,949	79 ¹ / ₂	2,733
15 ¹ / ₂	14,454	37	11,980	58 ¹ / ₂	7,837	80	2,605
16	14,418	37 ¹ / ₂	11,900	59	7,726	80 ¹ / ₂	2,476
16 ¹ / ₂	14,382	38	11,820	59 ¹ / ₂	7,613	81	2,346
17	14,344	38 ¹ / ₂	11,739	60	7,500	81 ¹ / ₂	2,217
17 ¹ / ₂	14,305	39	11,657	60 ¹ / ₂	7,386	82	2,088
18	14,265	39 ¹ / ₂	11,574	61	7,272	82 ¹ / ₂	1,958
18 ¹ / ₂	14,224	40	11,491	61 ¹ / ₂	7,157	83	1,828
19	14,182	40 ¹ / ₂	11,406	62	7,042	83 ¹ / ₂	1,698
19 ¹ / ₂	14,139	41	11,321	62 ¹ / ₂	6,925	84	1,568
20	14,095	41 ¹ / ₂	11,234	63	6,810	84 ¹ / ₂	1,438
20 ¹ / ₂	14,050	42	11,137	63 ¹ / ₂	6,693	85	1,307
21	14,003	42 ¹ / ₂	11,059	64	6,575	85 ¹ / ₂	1,177

Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen	Breite	Geogr. Meilen
86	1,046	87½°	0,654	88½°	0,393	89½°	0,131
86½	0,956	88	0,523	89	0,261	90	0,
87	0,785						

§. 144. Die Umdrehung der Erde. Die Erde dreht sich in ungefähr 24 Stunden von Westen nach Osten einmal um ihre Achse; sie dreht sich also der Sonne entgegen, wodurch es scheint, als käme die Sonne der Erde entgegen. Die eine Hälfte der Erde muss der Sonne zugekehrt, die andere abgewendet sein. Die der Sonne zugekehrte Hälfte ist hell, hat Tag; die abgekehrte ist dunkel, hat Nacht; die Ränder befinden sich in einem Zwielight, die Dämmerung. Weil die Erde sich von Westen nach Osten dreht, so haben die Gegenden, welche östlich von uns liegen, früher Tag, und die Gegenden, welche westlich liegen, später Tag als wir. Uebungen mit den in §. 141 genannten Orten nach östlicher und westlicher Lage.

§. 145. Wenn die Erde sich einmal um sich selbst gedreht hat, so haben alle Oerter zwischen den beiden Polen sich in einem Kreise von 360° gedreht; da dies in 24 Stunden geschieht, so legt ein Ort in einer Stunde 15° zurück. Oder die Sonne erscheint einem Orte, der 15° nach Westen von einem angenommenen Orte liegt, eine Stunde später, einem Orte, der 15° nach Osten liegt, eine Stunde früher. Einem Ort, der nur 1° nach Osten liegt, erscheint sie 4 Minuten früher und einem Ort, der 1° nach Westen, 4 Minuten später. Wenn wir also die Länge eines Ortes von einem bestimmten Orte, dessen Sonnenaufgang wir kennen, aufsuchen, so können wir daraus berechnen, wie viel später oder früher die Sonne diesem Orte aufgeht oder wir können daraus erkennen, wie verschieden die Uhren an zwei verschiedenen Orten zeigen. Uebungen wie oben.

§. 146. Es sei um Frühlingsanfang. Morgens um 6 Uhr erblicken wir die Sonne am östlichen Horizonte; die Erde dreht sich nun von Westen nach Osten, die Sonne muss also scheinbar am Himmel höher steigen, sie geht auf; bis unser Ort der Sonne gerade gegenüber steht, dann ist für uns der höchste Sonnenstand des Tages; es ist Mittag, die Sonne geht durch den Meridian. Von dem Augenblick an muss durch die Drehung der Erde die

Sonne am Himmel scheinbar niedersinken, bis sie am Abend im Westen unter den Horizont gesunken ist; unser Ort ist dann dem Nachthimmel zugekehrt und die Sterne und der Mond scheinen durch die Umdrehung der Erde ebenso aufzugehen, zu culminiren und unterzugehen, wie die Sonne.

§. 147. Die Sterne, welche in der Nacht über dem Horizonte stehen, sind am Tage unter dem Horizonte. Woher es kommt, dass der Mond bestimmt jeden Tag ungefähr eine Stunde später aufgeht, wird später erklärt. Ein Ort am Aequator legt also in 24 Stunden 5400 Meilen zurück, in einer Stunde 225 Meilen, in einer Minute $3\frac{3}{4}$ Meilen. Oerter, welche nördlich oder südlich vom Aequator liegen, bewegen sich langsamer. Hamburg, auf dem $53\frac{1}{2}^{\circ}$ nördl. Breite, legt in 24 Stunden 3211 Meilen, in einer Stunde 134 Meilen, in einer Minute $2\frac{7}{30}$ Meilen zurück. Uebungen mit den Tabellen §. 141 und §. 143. Dass man diese Bewegung der Erde nicht merkt, kommt eben von ihrer grossen Schnelligkeit und Gleichförmigkeit; würde sie plötzlich aufhören, so müsste alles zusammenstürzen.

§. 148. Der Umlauf der Erde. 1. Die Erdbahn. Wie die Sonne täglich scheint auf- und unterzugehen, so, können wir wol mit Recht schliessen, scheint es auch nur, als ob sie jährlich bald hoch, bald niedrig im Meridian steht; die Sonne steht ebenso wenig bald höher, bald niedriger im Meridian, wie sie auf und untergeht. Diese Täuschung rührt wieder von der Erde her. Denn die Erde dreht sich nicht nur in 24 Stunden einmal um ihre Achse, sondern sie bewegt sich in einer länglich runden Bahn jährlich einmal um die Sonne. Diese Bahn heisst die Erdbahn oder Sonnenbahn, weil auch die Sonne sie scheinbar zurücklegt. Die Erdbahn liegt aber 21 Millionen Meilen von der Sonne entfernt und bildet einen länglich runden Kreis oder eine Ellipse von 130 Millionen Meilen oder genauer 129,950,796 Meilen Umfang.

§. 149. Diesen Weg legt die Erde mit unbeschreiblicher Geschwindigkeit in 365 Tagen 5 Stunden 48 Minuten und 45 Sekunden zurück; sie muss sich also in einer Sekunde 4 Meilen fortbewegen. Der lange Durchmesser der Erdbahn oder die lange Achse beträgt 41 Millionen Meilen. Die Sonne befindet sich nicht gerade im Mittelpunkt, sondern dem einen Endpunkte der langen Achse etwas näher als dem andern oder in dem Brennpunkte, so dass die Erde bald der Sonne näher, bald ferner ist. Am 2. Juli

ist die Erde von der Sonne am weitesten entfernt, sie ist dann in der Sonnenferne oder Aphelium, ihre Entfernung beträgt dann 21,029,944 Meilen; den andern Endpunkt der langen Achse erreicht die Erde am 1. Januar, sie ist dann in der Sonnennähe oder Perihelium in einer Entfernung von 20,334,714 Meilen; die mittlere Entfernung beträgt 20,682,329 Meilen.

§. 150. Der Umlauf der Erde um die Sonne ist aber viel geschwinder als ihre Umdrehung um die Achse. Auf ihrem Umlaufe legt sie in einem Tage 355,440 Meilen zurück, in einer Minute 247 Meilen; bei ihrer Umdrehung in einem Tage 5400 Meilen, in einer Minute $3\frac{3}{4}$ Meilen; ihr Umlauf geschieht also 66 mal schneller als ihre Umdrehung; sie kann also nicht auf ihrer Bahn fortrollen wie eine Kegelkugel oder Billardkugel, sondern muss fortfliegen. Hieraus geht hervor, dass die tägliche Umdrehung um die Achse ganz für sich besteht und gar nicht mit dem jährlichen Umlaufe zusammenhängt.

§. 151. 2. Lage der Erdachse. Hätte die Erde eine solche Stellung zur Sonne, dass ihre Achse senkrecht zur Bahn sich verhielte und ihr Aequator und ihre Bahn immer gerade übereinstimmte, so würde sie sich gleichsam nur auf ihrem eigenen Aequator fortbewegen; ihre Umdrehung um sich selbst würde in derselben Richtung erfolgen, wie ihr Umlauf um die Sonne; sie würde einer rollenden Kugel gleichen; die Sonnenstrahlen würden stets senkrecht auf den Aequator und schräge nach der Nord- und Südhalbkugel hin fallen. Bis dahin würde noch ein Wechsel von Tag und Nacht stattfinden. Gegen die Pole würde ein ewiges Streiflicht fallen, eine Dämmerung, die weder zum Tage noch zur Nacht würde. Alle Tage wären auf der ganzen Erde gleich lang; alle Zeiten von gleicher Temperatur. Die Sonne würde des Mittags überall stets gleich hoch am Himmel stehen; sie würde stets im Aequator sich bewegen und auf- und untergehen; am Aequator wäre grosse Hitze; in der gemässigten Zone immer gleiche Wärme; an den Polen furchtbare Kälte. Fig. 18. A.

§. 152. Läge die Erdachse wagerecht zur Erdbahn Fig. 18. B, so dass ein und derselbe Pol stets der Sonne zugekehrt wäre, so hätte diese Halbkugel ewigen Tag, die entgegengesetzte ewige Nacht. Hier wäre ewiger Sommer, dort ewiger Winter; an dem Pol stände die Sonne hoch im immerwährenden Zenith und es wäre hier die glühendste Hitze, während am Aequator dann Kälte und ewige

Dämmerung herrschen würde; es wäre dann eben so wenig ein Wechsel von Tag und Nacht wie ein Wechsel der Jahreszeiten vorhanden. Anders würden die Verhältnisse, wenn ein Pol stets dieselbe Himmelsrichtung hätte. In diesem Falle würde einmal im Jahre die ganze nördliche Halbkugel der Erde beleuchtet sein, und das Licht senkrecht auf den Nordpol fallen und auf der entgegengesetzten Seite der Erdbahn würde dasselbe für die südliche Halbkugel eintreten und auf diese Weise fortwährend für die verschiedenen Punkte der Erde ein greller Wechsel von brennender Hitze und eisiger Kälte, von fast halbjährigem Tag und halbjähriger Nacht stattfinden.

§. 153. So ist es aber nicht. Die Beobachtung hat gelehrt, dass die Himmels- und Erdachse eine schiefe Lage zur Erdbahn hat. Die Pole sind 90° vom Aequator entfernt. Die Sonne entfernt sich vom Aequator am weitesten nach Norden um $23\frac{1}{2}^\circ$; also so viel muss sich der Nordpol von Norden der Sonne zuwenden; die Achse bildet dann mit der Bahn einen Winkel von $66\frac{1}{2}^\circ$; eben so viel entfernt sich die Sonne vom Aequator nach Süden, also auch der Südpol wendet sich $23\frac{1}{2}^\circ$ von Süden der Sonne zu; daraus geht hervor, dass die Erdachse mit der Erdbahn einen Winkel von $90^\circ - 23\frac{1}{2}^\circ = 66\frac{1}{2}^\circ$ bildet.

§. 154. Da nun die Erdachse eine schiefe Richtung zur Erdbahn hat, so ist sowol das jährliche Steigen und Sinken der Sonne im Meridian, wie jede andere, regelmässig wechselnde Erscheinung erklärlich. Der Aequator bildet mit der Erdbahn einen Winkel von $0^\circ + 23\frac{1}{2}^\circ = 23\frac{1}{2}^\circ$ und folglich alle anderen Parallelkreise; aber Aequator und Erdbahn durchschneiden sich unter diesem Winkel und ebenso alle Parallelkreise bis zum $23\frac{1}{2}^\circ$ nördlich und südlich vom Aequator. Daraus geht hervor, dass die Sonne täglich sich in einem anderen Parallelkreise am Himmel zu bewegen scheint, und zwar innerhalb der Grenze $23\frac{1}{2}^\circ$ nördlich und $23\frac{1}{2}^\circ$ südlich vom Aequator. Fig. 18. C.

§. 155. 3. Der jährliche Umlauf der Erde um die Sonne. Am 21. März bewegt sich die Sonne im Aequator; die Erde muss sich also auf der Stelle ihrer Bahn befinden, dass Aequator und Erdbahn sich durchschneiden. Dies ist der eine Endpunkt der kurzen Achse der Erdbahn. Fig. 19. Die Grenzen der beleuchteten Halbkugel sind die Pole. Aber die Erde bewegt sich weiter. Ein Parallelkreis, der nördlich vom Aequator liegt, durch-

schneidet die Erdbahn, folglich muss auch die beleuchtete Halbkugel über den Nordpol hinausgerückt sein und vom Südpol sich entfernt haben. Der Nordpol ist beleuchtet, der Südpol liegt im Schatten. Von Tag zu Tag bewegt sich die Erde auf ihrer Bahn weiter, stets schneidet ein Parallelkreis, der nördlicher liegt als der vorhergehende, die Erdbahn.

§. 156. Am 21. Juni ist die Erde auf dem einen Endpunkte der Längsachse ihrer Bahn angekommen; sie wendet also gleichsam auf ihrer Bahn um; der Parallelkreis, der $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ($23^{\circ} 28'$) nach Norden vom Aequator entfernt ist und unter diesem Winkel die Erdbahn schneidet, ist der nördliche Wendekreis. Ebenso weit muss also die Grenze der beleuchteten Halbkugel über den Nordpol vorgerückt sein und vom Südpol sich entfernt haben, nämlich $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ($23^{\circ} 28'$), so weit liegt aber der Polarkreis vom Pole entfernt, also bis an den Polarkreis. Die Südhalbkugel liegt also vom Südpole bis zum Polarkreise im Schatten; die Nordhalbkugel dagegen vom Nordpole bis zum Polarkreise im Lichte.

§. 157. In den 3 Monaten vom 21. März bis zum 21. Juni hat die Erde einen Viertelbogen ihrer elliptischen Bahn zurückgelegt. Die Erde wendet sich im Halbkreise der langen Achse und dieselben Parallelkreise durchschneiden nach und nach die Erdbahn nur in rückkehrender Folge bis zum Aequator. Die Schattengrenze tritt also immer weiter vom nördlichen Polarkreise nach Süden zurück, bis endlich am 23. September die Erde ihre Umlaufbahn halb durchlaufen hat und gerade dem Punkte gegenüber steht, wo sie am 21. März stand, also am andern Endpunkte der kurzen Achse. Der Aequator durchschneidet zum zweiten Male die Erdbahn und die Beleuchtungsgrenzen sind wieder die beiden Pole.

§. 158. So bewegt sich die Erde weiter. In den nächsten Tagen durchschneidet schon ein Parallelkreis, der südlich vom Aequator liegt, die Erdbahn; die Schattengrenze befindet sich also so viel südlich vom Nordpol und reicht so viel über den Südpol hinweg. So geht es fort, bis der südliche Wendekreis, $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ($23^{\circ} 28'$) vom Aequator, die Erdbahn am 22. December durchschneidet. Dann muss die Beleuchtung $23\frac{1}{2}^{\circ}$ über den Südpol hinausreichen und vom Nordpol entfernt sein, also bis an die Polarkreise. Die Nordhalbkugel liegt vom Nordpol bis zum Polarkreise im Schatten; die Südhalbkugel mit ihrer ganzen Polarzone im Lichte.

§. 159. Die Erde befindet sich nach 3 Monaten am 22. December ungefähr in dem zweiten Endpunkte der langen Achse. Hier ist aber wieder ein Wendepunkt, denn die Erde hat vom 23. September bis zum 22. December wieder einen Viertelbogen ihrer zweiten halben elliptischen Bahn zurückgelegt und wendet sich und in ihrer Bewegung, um den andern und letzten Viertelbogen zu durchlaufen. In den folgenden Tagen durchschneidet deshalb ein Parallelkreis die Erdbahn, der dem Aequator wieder näher liegt, bis am 21. März die Erde da sich befindet, wo sie am vorigen 21. März war. Der Aequator durchschneidet die Erdbahn, die Schattengrenze sind die Pole und die Erde befindet sich abermals an einem Endpunkte der kurzen Achse. Ein Jahr ist vollendet und alles kehrt in derselben Ordnung wieder.

§. 160. Wir sehen hieraus, woher die Wendekreise ihren Namen haben, nämlich daher, weil die Erde und nicht die Sonne auf ihrer länglichen Bahn sich wendet und die Sonne nur scheinbar, wenn sie diesen Kreis durchläuft, im Steigen oder Sinken umwendet. Die Polarkreise heissen so, weil bis zu diesen Kreisen die Gegend um die Pole erleuchtet werden oder im Dunkel bleiben kann. Die Tage im Jahre, an welchen der Aequator die Erdbahn durchschneidet, heissen die Aequinoctien oder Nachtgleichen des Frühlings und des Herbstes; die Tage aber, an welchen sich die Erde auf ihrer Bahn wendet, heissen Solstitien oder Sonnen-richtiger (Erd-)wendepunkte des Sommers und des Winters.

§. 161. 4. Verschiedenheit der Tages- und Nachtlängen auf der Erde. Denken wir uns die Stellung der Erde am 21. März, Fig. 20. Aequator und Erdbahn durchschneiden sich, folglich muss die Sonne an dem Tage sich scheinbar im Aequator bewegen. Der Sonnenstrahl muss auf den Aequator senkrecht fallen; der Punkt, wohin der senkrechte Sonnenstrahl fällt, hat Mittag. Nun dreht sich die Erde von Westen nach Osten. Nothwendig fällt innerhalb 24 Stunden auf jeden Punkt des Aequators einmal der senkrechte Sonnenstrahl und deshalb hat jeder Punkt des Aequators auch seinen Mittag, mithin auch Morgen, Abend und Nacht.

§. 162. Aber die Sonne scheint nicht allein auf den Aequator, sondern von Pol zu Pol, nach den Polen hin fallen die Strahlen schief oder schräge. Die Oerter, welche unter demselben Me-

ridian oder Längengreis liegen, haben zugleich Mittag, weil sie sich zu gleicher Zeit der Sonne gegenüber befinden. Nur am Aequator fällt der Sonnenstrahl senkrecht; auf die Nordhalbkugel fällt er von Süden, auf die Südhalbkugel von Norden her. Deshalb sehen wir die Sonne des Mittags im Süden stehen und die Schatten fallen nordwärts. Die Bewohner der Südhalbkugel sehen die Sonne des Mittags im Norden und ihre Schatten fallen südwärts. Wo der Sonnenstrahl senkrecht fällt, da liegt der Schatten unter dem Körper und wird gar nicht gesehen.

§. 163. Je weiter nach den Polen, desto niedriger steht Mittags die Sonne, desto schräger fällt ihr Strahl. Am 21. März sieht man sie an beiden Polen am Rande des Horizontes stehen. Dreht sich nun die Erde um sich selbst, so ist auf jeder Stelle jedes Längen- und Breitengrades einmal Morgen, Mittag, Abend und Nacht. Der Tag ist auf der ganzen Erde gleich lang, 12 Stunden, ebenso lang die Nacht; weil die Sonne beide Halbkugeln gleichmässig bescheint. Nur an den Polen steht die Sonne weder über noch unter dem Horizonte, sondern bewegt sich am Rande desselben rund herum; dort ist also 2×12 Stunden Dämmerung. Das ist das Aequinoctium des Frühlings.

§. 164. An den folgenden Tagen ist es schon anders. Nicht der Aequator hat den senkrechten Sonnenstrahl, sondern der nördlich neben ihm liegende Parallelkreis und so bekommt jeden Tag ein anderer nördlicher gelegener Parallelkreis den senkrechten Sonnenstrahl, bis zum 21. Juni, wo er auf den nördlichen Wendekreis fällt. Der Sonnenschein ist $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ($23^{\circ} 28'$) nordwärts über den Nordpol hinweggerückt; ein kleiner Theil der Nordhalbkugel liegt in Dunkelheit, ein weit grösserer ist beleuchtet. Der Tag muss auf der Nordhalbkugel um so viel länger sein, als die Nacht kürzer ist. Je weiter nach Norden, desto grösser muss dieser Unterschied sein. Am Polarkreise hört er ganz auf; daher ist im höchsten Sommer dort gar keine Nacht. Am Nordpol steigt die Sonne vom 21. März bis zum 21. Juni in einer Schraubenlinie immer höher am Himmelsgewölbe und um den Horizont, ohne unterzugehen, bis zur Höhe von $23\frac{1}{2}^{\circ}$ ($23^{\circ} 28'$).

§. 165. Am 21. Juni ist innerhalb des nördlichen Polarkreises der Tag 24 Stunden. Vom $53\frac{1}{2}^{\circ}$ nördl. Breite liegen dann $254\frac{3}{4}^{\circ}$ im Licht und $105\frac{1}{4}^{\circ}$ im Schatten, Hamburg hat also $16^{\text{h}}59'$ Tag und $7^{\text{h}}1'$ Nacht. Auf der Südhalbkugel ist die Beleuchtung

gerade umgekehrt. Hier wird der Schatten vom 21. März bis zum 21. Juni immer grösser und verbreitet sich endlich über die ganze Polarzone. Am 21. März geht am Südpol die Sonne unter und in 6 Monaten nicht wieder auf. Der Kreis, in dem sie gar nicht aufgeht, wird immer grösser, bis er zum Polarkreis vorrückt. Am 21. Juni ist vom Südpol bis zum südlichen Polarkreis die Nacht 24 Stunden lang. Je näher dem Aequator, desto gleicher wird Tag und Nacht; an den Wendekreisen beträgt dieser Unterschied nur 2 Stunden. Am südlichen Wendekreis 11 Stunden Tag, 13 Stunden Nacht; am nördlichen Wendekreis umgekehrt. Das ist das Solstitium des Sommers.

§. 166. Vom 21. Juni an fällt der senkrechte Sonnenstrahl wieder auf einen Parallelkreis, der dem Aequator näher liegt; deshalb rückt die Beleuchtung von Norden hinweg und nach Süden vor. Innerhalb der Polarkreise wechseln Tag und Nacht immer näher den Polen; endlich ist nur der Nordpol noch ohne Nacht, der Südpol ohne Tag. Am 23. September sind beide halb beleuchtet in Dämmerung; die Sonne geht dem Nordpol unter und dem Südpol auf; auf der ganzen Erde ist Tag und Nacht wieder gleich lang. Das ist das Aequinoctium des Herbstes.

§. 167. Von nun an geht es auf der Südhalbkugel gerade so, wie vorher auf der Nordhalbkugel. Der Südpolarkreis verliert nach und nach den Schatten, der nun den Nordpolarkreis überzieht; in gleichem Verhältniss werden nach Süden die Tage länger und die Nächte kürzer; im Norden umgekehrt. Am 22. December fällt der senkrechte Sonnenstrahl auf den südlichen Wendekreis; am Südpolarkreis ist 24 Stunden Tag; am Nordpolarkreis Nacht. Vom 23. September bis zum 21. März geht die Sonne am Südpol nicht unter; am Nordpol nicht auf. Das ist das Solstitium des Winters.

§. 168. Vom 22. December bis zum 21. März rückt der Schatten wiederum vom Nordpol weg, bis der Aequator die Erdbahn durchschneidet, der senkrechte Sonnenstrahl auf ihn fällt, das Sonnenlicht von Pol zu Pol reicht und die Frühlingsnachtgleiche wieder eingetreten ist. Ein Jahr ist herum und alles kehrt in demselben ordnungsvollen Wechsel wieder. Ein wundervolles Muster der Einfachheit und Sparsamkeit und ein Bild der höchsten Weisheit.

§. 169. Die Gegend des immerwährenden Tages und der immerwährenden Nacht dehnt sich in einer Spirallinie von den Polen bis zu den Polarkreisen aus; von den Polarkreisen bis zu den Wendekreisen wird der Unterschied der Tag- und Nachtlängen immer geringer, bis an den Wendekreisen der Unterschied nur zwei Stunden beträgt. Zwischen den beiden Wendekreisen verschwindet der Unterschied fast ganz und am Aequator ist Tag und Nacht immer gleich; es mag die Beleuchtung von Pol zu Pol reichen, wie in den Aequinoctien, oder von Polarkreis zu Polarkreis, wie in den Solstitien, immer durchschneidet sie die Hälfte des Aequators 180° , und so kommt auf Tag und Nacht gleiche Zeitdauer von 12 Stunden.

§. 170. Man kann also auf der Erde hinsichtlich der Tageslänge drei Gegenden unterscheiden:

1. Die Sphäre der immer gleichen Tageslänge am Aequator.

2. Die Sphäre der veränderlichen Tageslänge bis zu den Polarkreisen.

3. Die Sphäre des Pol-Horizontes von den Polarkreisen bis zu den Polen.

Man kann berechnen, dass durch diese Vertheilung des Lichtes und des Schattens auf der Erde jede Stelle der Oberfläche in einem Jahre gleich viel Sonnenlicht hat. Nur die Vertheilung der Zeitdauer, worin die Sonne jeden Punkt bescheint, ist verschieden.

§. 171. Die Dauer der längsten Tage und längsten Nächte unter den verschiedenen Breiten kann man aus folgender Tabelle sehen:

Breite.	Zeit.	Breite.	Zeit.
$0^{\circ} 0'$	12 Stunden	$65^{\circ} 48'$	22 Stunden
16 44	13 „	66 21	23 „
30 48	14 „	66 32	24 „
41 24	15 „	67 23	1 Monat
49 2	16 „	69 51	2 „
54 31	17 „	73 40	3 „
58 27	18 „	78 11	4 „
61 19	19 „	84 5	5 „
63 23	20 „	90 0	6 „
64 50	21 „		

§. 172. 5. Der Thierkreis oder Zodiakus. Wir

wollen nun versuchen, ob wir nicht auch den Umlauf der Erde um die Sonne an den Himmelskörpern, besonders den Fixsternen, beobachten können. Wir dürfen uns aber durch die Erscheinungen nicht täuschen lassen, sondern müssen uns dieselben stets in umgekehrter Folge denken. Beobachten wir an einem heitern Abend den Untergang der Sonne und merken uns an der Stelle des Horizontes einen Stern oder ein Sternbild, welches dort steht, so werden wir am folgenden Abend diesen Stern oder das Sternbild wieder an derselben Stelle nahe der untergehenden Sonne erblicken. Wird diese Beobachtung mehrere Tage fortgesetzt, so sehen wir, dass die Sonne diesem Sterne oder Sternbilde immer näher rückt, so dass der Stern oder das Sternbild bald mit der Sonne zugleich untergeht, weshalb man den Stern oder das Sternbild nach Sonnenuntergang nicht mehr sehen kann.

§. 173. Setzen wir unsere Beobachtungen an einem andern Sternbilde fort, so machen wir dieselbe Erfahrung. Am Morgenhimmel finden wir eine ähnliche Erscheinung. Ein Stern, der möglichst nahe und kurz vor der Sonne aufgeht, wird nach mehreren Tagen schon merklich früher und entfernter von derselben über dem Horizonte stehen, weil die Sonne sich von ihm entfernt hat. Die Sonne scheint demnach am Fixsternenhimmel von Westen nach Osten fortzurücken, und wir können ihre scheinbare Bahn bezeichnen, wenn wir uns die Sternbilder merken, in welchen wir die Sonne während eines Jahres nach und nach erblicken. Es sind 12 Sternbilder, wovon wir früher schon einige kennen gelernt haben. Sie heissen: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische. Diese Sternbilder bilden am Himmel einen Kreis, der Thierkreis oder Zodiacus genannt.

§. 174. Die Hälfte dieses Kreises ist stets über, die Hälfte unter dem Horizonte, daher müssen stets 6 Sternbilder über und 6 Sternbilder unter dem Horizonte sein, und zwar zu jeder Tageszeit andere. So lange die Sonne sich in der Nähe eines dieser Sternbilder befindet, gebraucht man den Ausdruck: „die Sonne steht in dem Sternbilde.“ Rückt sie in ein anderes, so sagt man: „die Sonne tritt in ein Sternbild.“ Der Thierkreis ist durch diese 12, in ungefähr gleichen Entfernungen von einander befindlichen Sternbilder in 12 gleiche Theile getheilt worden. Die Sonne gebraucht, um von einem Sternbilde des Thierkreises bis zum näch-

sten fortzurücken, also um einen Weg von 30° in diesem Kreise zurückzulegen, 28—30 Tage, also einen Monat. Nachdem nun die Sonne innerhalb 12 Monate von einem Sternbilde zum andern vorgerückt ist, tritt sie wieder in das Sternbild, in welchem sie zuerst beobachtet worden ist, und dieser Augenblick ist die Vollendung des Jahres.

§. 175. Um Frühlingsanfang steht die Sonne im Zeichen des Widder.

Es sind dann bei Sonnenuntergang

1) über dem Horizonte: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau;

2) unter dem Horizonte: Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische.

Bei Sonnenaufgang ist das Umgekehrte der Fall.

In den folgenden 3 Monaten rückt die Sonne bis zum Krebse; um Sommersanfang steht sie im Zeichen des Krebses; es sind dann bei Sonnenuntergang

1) über dem Horizonte: Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze;

2) unter dem Horizonte: Steinbock, Wassermann, Fische, Widder, Stier, Zwillinge.

Bei Sonnenaufgang findet der umgekehrte Fall statt.

§. 176. Nach 3 Monaten, zur Zeit des Herbstanfanges, ist die Sonne bis zur Wage fortgerückt; sie steht dann im Zeichen der Wage und man kann bei Sonnenuntergang beobachten

1) über dem Horizonte: Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische;

2) unter demselben: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau. Die entgegengesetzten Sternbilder findet man bei Sonnenaufgang.

So rückt die Sonne bis zu Wintersanfang fort, alsdann kann man sie im Sternbilde des Steinbocks finden; sie steht dann im Zeichen des Steinbocks und bei Sonnenuntergang sind

1) über dem Horizonte: Steinbock, Wassermann, Fische, Widder, Stier, Zwillinge;

2) unter demselben: Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze.

Bei Sonnenaufgang sind stets die entgegengesetzten Sternbilder über und unter dem Horizonte.

§. 177. Am 21. März tritt die Sonne also in das Zeichen des Widders; dies ist das Frühlingsäquinoc-tium; am 23. September tritt sie in das Zeichen der Wage; dies ist das Herbstäquinoc-tium. Am 21. Juni tritt die Sonne in das Zeichen des Krebses; sie bewegt sich dann im nördlichen Wendekreis, deshalb hat man diesen den Wendekreis des Krebses genannt; dies ist das Sommersolstitium. Weil sie aber am 22. December in das Zeichen des Steinbocks tritt und sie sich dann im südlichen Wendekreis bewegt, so nennt man diesen den Wendekreis des Steinbocks; dies ist das Wintersolstitium.

§. 178. Diese scheinbare Bewegung der Sonne hat wieder ihren Grund in dem Umlaufe der Erde um die Sonne. Die Fixsterne, die die Sternbilder des Thierkreises bilden, stehen in unermesslicher Entfernung, viel weiter als die Sonne, in einem Kreise um die Erdbahn. Wir wollen uns die Erdbahn und den Thierkreis durch Fig. 21. vorstellen. Am 21. März befindet sich die Erde auf der Stelle der Bahn, dass wir die Sonne von der Erde aus in der Richtung des Widders erblicken. Die Erde muss also nach der entgegengesetzten Richtung stehen, folglich in der Richtung der Wage. Die Erde bewegt sich nun auf ihrer Bahn fort, und es erscheint uns, als ob die Sonne einen Bogen von 30° durchlaufen habe und in den Stier gerückt sei; die Erde muss also aus der Richtung der Wage in die des Skorpions gerückt sein. So geht es fort durch alle 12 Sternbilder.

§. 179. Stets steht die Erde in der Richtung des entgegengesetzten Sternbildes, in welchem die Sonne steht, und sie bewegt sich in umgekehrter Ordnung an den Sternbildern vorbei, in welcher die Sonne es zu thun scheint. Die Erde bewegt sich also vom Frühling bis zum Frühling an den Zeichen und Sternbildern des Thierkreises in folgender Ordnung vorbei: Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische, Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau; während die Sonne es im selben Zeitraum in folgender Ordnung thut: Widder, Stier, Zwillinge, Krebs, Löwe, Jungfrau, Wage, Skorpion, Schütze, Steinbock, Wassermann, Fische.

§. 180. 6. Die Zeitgleichung. Eine Folge der beiden Bewegungen der Erde ist auch der Unterschied zwischen Sonnentag und Sterntag. Sei Fig. 22 die Sonne in S und TT' der Theil der Erdbahn, den die Erde in einem Tage zurücklegt, ungefähr 1° . Steht sie in T , so ist a ein Punkt des Erdumfanges, der

die Sonne im Mittag hat. Wenn er während des Fortrückens der Erde wieder in die der vorigen parallele Lage $T'a'$ gekommen ist, so hat die Erde eine Umdrehung um ihre Achse vollendet; alle ihre Theile haben wieder dieselbe Lage gegen den Himmel wie in T , und alle Gestirne, die so weit abstehen, dass der Bogen TT' für sie ist, also alle Fixsterne, werden wieder nach denselben Richtungen wie von T aus gesehen; es ist also ein Sterntag verflossen.

§. 181. Allein die von der Erdbahn umschlossene Sonne wird von a' aus nicht im Meridian gesehen, der Punkt muss vielmehr ausser der bereits vollendeten Rotation, noch den Bogen $a'b'$ zurücklegen. Der Sonnentag, die Zeit von einem Meridiandurchgange der Sonne zum andern, ist also länger als der Sterntag, und zwar um die Zeit, in welcher der Bogen $a'b'$ von der rotirenden Erde zurückgelegt wird. Diese Zeit sei z , die wahre Umdrehungszeit der Erde $= r$, so ist r zugleich die Länge des Sterntages, $r+z$ aber die des Sonnentages. Theilt man letzteren in 24 Stunden, so kommen auf erstern nur $23^h56'4''$; wird dagegen der Sterntag in 24 Stunden getheilt, so hat der Sonnentag $24^h3'56''$.

§. 182. Wäre der Bogen ab stets für gleiche Zeiträume von gleicher Grösse, so würde, da die Umdrehungszeit selbst vollkommen gleichförmig ist, auch $r+z$, die Länge des Sonnentages in allen Jahreszeiten gleich sein. Allein man sieht leicht, dass ab grösser werden muss, wenn TT' grösser wird, da der Winkel an T' dem an S gleich ist. Bewegt sich also die Erde zu einer Zeit schneller in ihrer Bahn als zu einer andern, so wird auch z und folglich $r+z$ sich ändern. Aus diesem Grunde ist z und mithin die Länge des Sonnentages veränderlich, und so unterscheidet man noch die wahre und mittlere Sonnenzeit. Erstere ist die Zeit von einer Culmination der Sonne bis zur andern und also, wie wir oben gesehen haben, nicht durchaus gleichförmig; der wahre Sonnentag kann bis $30''$ über oder unter 24 Stunden haben.

§. 183. Der mittlere Sonnentag hingegen ist die durchschnittliche Grösse aus sämtlichen wahren Sonnentagen des Jahrs. Diese mittlere Zeit ist der wahren zuweilen voraus, zuweilen hinter ihr zurück, und die Sonne culminirt nach ihr bald später, bald früher als um 12 Uhr; sie ist aber durchaus gleichförmig, und jede richtig gehende Taschen- oder Pendeluhr, sofern sie überhaupt auf Sonnenzeit gestellt ist, zeigt diese gleichförmige mitt-

lere Zeit, wogegen Sonnenuhren ihrer Natur nach nur die sogenannte wahre Sonnenzeit zeigen können. Der Unterschied zwischen der wahren und mittleren Sonnenzeit heisst die Zeitgleichung; sie kann im Februar und November bis über 16 Minuten gehen, und muss an die Angaben der Sonnenuhren angebracht werden, um sie mit solchen zu vergleichen, welche mittlere Zeit zeigen.

§. 184. Tabelle der Zeitgleichung.

Januar.	Minuten.	April.	Minuten.	August.	Minuten.	November.	Minuten.
1	+ 4	1	+ 4	2	+ 6	3	— 16 $\frac{1}{4}$
4	+ 5	5	+ 3	11	+ 5	9	— 16
6	+ 6	8	+ 2	17	+ 4	17	— 15
8	+ 7	12	+ 1	21	+ 3	21	— 14
11	+ 8	15	0	25	+ 2	25	— 13
13	+ 9	20	— 1	29	+ 1	28	— 12
16	+ 10	25	— 2	September.			
19	+ 11	Mai.		1	0	December.	
23	+ 12			4	— 1	1	— 11
27	+ 13			7	— 2	3	— 10
Februar		11	— 3	10	— 3	6	— 9
2	+ 14	15	— 4	13	— 4	8	— 8
13	+ 14 $\frac{1}{2}$	29	— 3	16	— 5	10	— 7
20	+ 14	Juni.		19	— 6	12	— 6
27	+ 13			22	— 7	15	— 5
März.		5	— 2	25	— 8	17	— 4
4	+ 12	10	— 1	27	— 9	19	— 3
8	+ 11	15	0	30	— 10	21	— 2
12	+ 10	20	+ 1	October.		23	— 1
16	+ 9	24	+ 2	4	— 11	25	0
19	+ 8	29	+ 3	7	— 12	27	+ 1
23	+ 7	Juli.		11	— 13	29	+ 2
26	+ 6			15	— 14	31	+ 3
29	+ 5			20	— 15		
				28	— 16		

Zeigt z. B. die Sonnenuhr am 26. März 10 Uhr 17 Minuten, so muss die Räderuhr 10 Uhr 17 Minuten + 6 Minuten oder 10 Uhr 23 Minuten zeigen. Ebenso am 7. September, zeigt die Sonnenuhr 8 Uhr 55 Minuten, dann muss die Räderuhr 8 Uhr 55 Minuten $\div$ 2 Minuten, also 8 Uhr 53 Minuten zeigen.

Fragen und Aufgaben zur Wiederholung.

Wo herum dreht sich die Erde und in welcher Richtung? Wie heissen die Endpunkte der Erdachse? Welches ist der Nordpol, welches der Südpol? Was liegt im Innern der Erde? Was ist der Aequator? Wie nennen ihn die Seefahrer? Wodurch wird die Erde in eine nördliche und eine südliche Halbkugel getheilt? Wenn man am Nordpol ist, was ist dann unser Zenith? Welcher Stern steht fast im Zenith? Was ist unser Nadir? Wie sind die Verhältnisse, wenn wir uns am Südpol befinden? Durch welche Punkte gehen die Erdmeridiane? Welche Richtung hat der Erdäquator? Welche Richtung haben die Erdmeridiane? Wie theilt man den Erdäquator und die Erdmeridiane ein? Worauf verzeichnet man diese Kreise? Durch wie viel Theilpunkte des Aequators denkt man sich einen Meridian gelegt? Wie viele Meridiane entstehen auf diese Weise? Wie weit sind sie am Aequator von einander entfernt? Wie weit an den Polen? Wie nennt man die Meridiane auch anders? Welche Längengrade zeichnet man auf dem Globus? Von welchem Punkt zählen wir Deutsche die Meridiane oder Längengrade? Wie viel zählen wir nach Osten, nach Westen? Was für Längengrade können wir deshalb unterscheiden? Von wo aus zählen die Franzosen, die Engländer ihren ersten Meridian? Wie ist das Verhältniss zu dem von Deutschen angenommenen? In welche Theile theilt man die Erde durch den ersten Meridian oder Längengrad? Wie heissen die mit dem Aequator gleichlaufenden Kreise? Wie werden sie vom Aequator nach den Polen? Wodurch entstehen 180 Parallelkreise? Wie weit sind sie von einander entfernt? Welche zeichnet man auf dem Globus? Wie heissen die Parallelkreise noch anders? Welche verschiedene Breitenkreise kann man unterscheiden? Welche Breitenkreise haben besondere Namen? Wie weit liegt der nördliche, der südliche Wendekreis vom Aequator? Wie viel Grade sind beide von einander entfernt? Wie weit ist der nördliche, der südliche Polarkreis vom Pol entfernt? Wie weit ist ein Wendekreis von dem betreffenden Polarkreis entfernt? Wie viel Grad ist der Polarkreis vom Aequator entfernt? Wie heisst die Gegend zwischen den Wendekreisen? Wie die, welche innerhalb der Polarkreise liegt? Welche Gegend liegt zwischen einem Wendekreis und einem Polarkreis? Wie viel Zonen kann man auf der Erde unterscheiden? Wie viel Grade umfasst die kalte, gemässigte, heisse Zone? Wozu dienen die Längen- und Breitenkreise? Auf welche Weise bestimmt man einen Ort oder Punkt auf der Erde? Auf welche Weise eine Fläche? Wodurch wird diese Bestimmung noch genauer? Welche Ausdrücke gebraucht man statt Längen- und Breitenkreise? Was für Länge und Breite unterscheidet man? Von wo aus zählt man die Breite, die Länge? Was ist der Breite gleich? Was wird alles durch die Polhöhe bestimmt? Gebt die Aequatorhöhe, Lage der Wendekreise, die höchste und tiefste Culmination der Sonne, des Mondes, der Planeten, die Zenithdistanz, Morgen- und Abendweite u. s. w. von den in

der Tabelle genannten Oertern an. Gebt diese Entfernung derselben nach Breite und Länge an. Wie ist die Erde nicht vollkommen? Wie ist sie an den Polen? Was ist der Durchmesser, der Halbmesser? Wie lang ist der Durchmesser, der Halbmesser? Wie lang ist der grösste, der kleinste Durchmesser? Wie findet man den Umfang einer Kugel? Wie gross ist der Erdumfang? Wie lange gebraucht ein Wanderer, der täglich 5 Meilen zurücklegt, um die Erde zu umreisen? Ist es möglich? Wie lange gebraucht ein Eisenbahnzug, der 7 Meilen in der Stunde zurücklegt? Wie berechnet man die Grösse der Erdoberfläche in □ Meilen? Wie viel □ Meilen enthält die Erdoberfläche? Wie viel mal grösser ist die Erdoberfläche als das Vaterland? Wie viel Meilen hat ein Grad des Aequators? Wie werden die Grade der Breitenkreise nach den Polen? Wie viel Meilen hat ein Längengreis? Werden die Grade der Längengreis auch kleiner? Worin hat dieses seinen Grund? Wie viel Meilen hat also ein Grad eines jeden Längengreises? Uebungen mit den in §. 141 angegebenen Oertern in Bezug der Länge ihres Breitengrades nach der Tabelle zu §. 143. Wie dreht sich die Erde in Bezug auf die Sonne? Daher kommt welche Erscheinung? Wie ist die eine und andere Hälfte der Erde? Wie ist die der Sonne zugekehrte und abgekehrte Erdhälfte? Was hat die eine und die andere? Worin befinden sich die Ränder der beiden Hälften? Was haben diese? Welche hat Morgen- und welche Abenddämmerung? Welche Gegenden haben früher, welche später Tag als wir? Uebungen mit den in §. 141 genannten Oertern, ob sie früher oder später oder gleichzeitig Tag und Tageszeiten haben wie wir. In wie langer Zeit geschieht eine Umdrehung der Erde? Wie viel Grade werden in einer Stunde zurückgelegt? In wie viel Zeitminuten 1^0 ? Wie viel Stunden früher erscheint die Sonne einem Ort, der 15^0 , 30^0 , $52\frac{1}{2}^0$, 60^0 , $82\frac{1}{2}^0$ nach Osten; oder später, wenn die Oerter resp. nach Westen liegen? Was kann man aus der Länge berechnen? Was können wir daraus erkennen? Wie viel Meilen legt ein Ort am Aequator in 1^h zurück? Wie viel am Pol? Wie bewegen sich Oerter, die nördlich und südlich vom Aequator liegen? Berechnet, mit welcher Geschwindigkeit sich die in §. 141 genannten Oerter nach der Tabelle in §. 143 in 1^h , in $1'$ bewegen. Wie viel mal rascher bewegt sich die Erde als ein Eisenbahnzug? Woher kommt es, dass wir diese Bewegung nicht merken? Was würde geschehen, wenn diese Bewegung plötzlich aufhören würde? Worauf beruht auch wol die scheinbare Bewegung der Sonne? Welche Bewegung hat die Erde ausser der Achsendrehung? Welche Form hat diese Bahn? Wie nennt man sie deshalb? Wie weit ist die Erdbahn von der Sonne entfernt? Wie gross ist der Umkreis? In wie langer Zeit legt die Erde diesen Weg zurück? Wie viel Meilen legt sie in $1''$ zurück? Wie lange würden gebrauchen:

- a. ein Wanderer, täglich = 5 Meilen
- b. „ Segelschiff, 1^h = 4 „
- c. „ Dampfschiff, 1^h = 6 „

- d. ein Schnellzug, 1^h = 7 Meilen
- e. „ Falke 1^h = 11 „ *)
- f. der Schall 1' = 1050 par. Fuss
- g. eine 24pf. Kanonenkugel mit 8 Pf. Ladung in der ersten Sek.
= 1470 Fuss
- h. das Licht nach Strube 1'' = 41520 Meilen
- i. der electrische Strom 1'' = 62000 „

Wie viel verschiedene Durchmesser hat eine Ellipse? Wie nennt man sie? Wie lang ist die grosse Achse der Erdbahn? Wo befindet sich die Sonne innerhalb der elliptischen Erdbahn? Wie befindet sich die Erde zu verschiedenen Zeiten von der Sonne? Wann ist sie in der Sonnenferne oder im Aphelium? Wie weit ist sie dann von der Sonne entfernt? Wann ist sie im Perihelium? Wie gross ist dann die Entfernung? Wie gross ist die mittlere Entfernung der Erde von der Sonne? Wie lange würden oben genannte Bewegungen gebrauchen, um von der Sonne zur Erde zu gelangen? Wie verhält sich der Umlauf zu der Umdrehung der Erde? Wie viel mal schneller ist der Umlauf als die Umdrehung? Wie können wir uns den Umlauf der Erde um die Sonne nicht denken? Was hängt also gar nicht zusammen? Wie würden die Erscheinungen auf der Erde sein, wenn die Lage der Erdachse senkrecht wäre? Wie, wenn sie wagerecht mit veränderter Richtung, unveränderter Richtung? Wie ist die Lage der Erdachse? Wie viel Grad wendet sich der Pol der Sonne zu? Wie gross ist der Winkel der Erdachse mit der Erdbahn? Welchen Winkel bildet der Aequator mit der Erdbahn? Wo befindet sich die Erde auf ihrer Bahn am 21. März? Von welcher Achse ist es der Endpunkt? Welches sind die Grenzen der beleuchteten Halbkugel? Was für ein Parallelkreis durchschneidet die Erdbahn? Worüber hinaus muss also die erleuchtete Halbkugel gerückt sein? Wovon sich entfernt haben? Wie ist der Nordpol, wie der Südpol? Wo befindet sich die Erde am 21. Juni? Was thut sie also auf ihrer Bahn? In welchem Parallelkreis bewegt sich scheinbar die Sonne? Wie weit muss die Grenze der beleuchteten Halbkugel über den Nordpol vorgeückt sein und vom Südpol sich entfernt haben? Also bis zu welchem Kreise? Wie weit liegt die Nordhalbkugel im Licht und die Südhalbkugel im Schatten? Wie viel hat die Erde in den 3 Monaten vom 21. März bis 21. Juni von ihrer Bahn zurückgelegt? Wann hat die Erde ihre halbe Bahn zurückgelegt? Wo befindet sie sich dann? Was geschieht mit der Beleuchtung? Wann durchschneidet der südliche Wendekreis die Erdbahn? Wie ist dann die Beleuchtung? Wie weit liegt die Nordhalbkugel im Schatten, wie weit die Südhalbkugel im Licht? Wie viel von der Erdbahn ist nun zurückgelegt? Wann

*) König Heinrich II. von Frankreich hielt bei Fontainebleau eine Reiherbeize mit abgerichteten Falken. Einer der Falken verflog sich und war 24 Stunden später auf der 270 Meilen entfernten Insel Malta.

hat sie ihre Bahn vollendet? Welche Verhältnisse herrschen dann? Woher haben die Wendekreise, Polarkreise ihren Namen? Was sind Solstitien, Aequinoctien? Wann durchschneiden sich Aequator und Erdbahn? Worin bewegt sich die Sonne scheinbar an dem Tage? Wie fällt der Sonnenstrahl alsdann auf den Aequator? Wie fallen die Sonnenstrahlen an den Polen? Welche Oerter haben zu gleicher Zeit Mittag? Von welcher Richtung fällt der Sonnenstrahl auf der Nordhalbkugel, Südhalbkugel? In welcher Gegend sehen die Bewohner der Südhalbkugel die Sonne des Mittags? In welcher die Bewohner der Nordhalbkugel? Wohin fällt des Mittags der Schatten der Nordhalbkugelbewohner, der Südhalbkugelbewohner, der Aequatorbewohner, der Polbewohner? Wie steht die Sonne des Mittags, je weiter man nach den Polen kommt? Wie erblickt der Polbewohner die Sonne am 21. März? An welchem Tage sieht er sie wieder so? Wie ist der Tag dann auf der ganzen Erde? Was ist dann an den Polen? Worauf fällt der senkrechte Sonnenstrahl nach dem 21. März? Bis zu welchem Tage dauert dies? Worauf fällt am 21. Juni der senkrechte Sonnenstrahl? Wie weit ist dann der Sonnenstrahl über den Nordpol hinausgerückt? Welcher Theil der Nordhalbkugel ist beleuchtet, welcher dunkel? Welches Verhältniss findet dann zwischen Tag und Nacht auf der Nordhalbkugel statt? Nach welcher Richtung muss der Unterschied wachsen? Wo hört der Unterschied ganz auf? Was ist innerhalb des nördlichen, des südlichen Polarkreises am 21. Juni gar nicht? Wie bewegt sich die Sonne am Nordpol vom 21. März bis zum 21. Juni? Bis zu welcher Höhe erhebt sie sich? Was thut sie gar nicht? Wie ist die Beleuchtung auf der Südhalbkugel? Was wird vom 21. März bis zum 21. Juni auf der Südhalbkugel immer grösser? Wann geht am Südpol die Sonne unter und in 6 Monaten nicht wieder auf? Wann ist vom Südpol bis zum südlichen Polarkreis die Nacht 24 Stunden lang? Wie wird der Unterschied von Tag und Nacht, je näher man dem Aequator ist? Wie gross ist er an den Wendekreisen? Was tritt nach dem 21. Juni vom Nordpol zurück? Wann sind beide Pole nur halb beleuchtet, in Dämmerung? Welchem Pol geht die Sonne dann unter, welchem auf? Wie ist Tag und Nacht auf der ganzen Erde? Welcher Polarkreis verliert den Schatten und welcher wird dunkel? Wie werden auf der Südhalbkugel die Tage und Nächte? Wie auf der Nordhalbkugel? Bis zu welchem Tage dauert dieses Zu- und Abnehmen? Was findet am 22. Decbr. am Südpol und was am Nordpol statt? Wie lange geht die Sonne dem Südpol nicht unter, dem Nordpol nicht auf? Welche Verhältnisse treten nach dem 22. Decbr. ein? An welchem Tage durchschneidet der Aequator wieder die Erdbahn? Welche Verhältnisse sind dann wieder eingetreten? Was ist verflossen? In welcher Linie dehnt sich die Gegend des immerwährenden Tages und der immerwährenden Nacht aus? Wie wird der Unterschied von Tag und Nacht von den Polarkreisen bis zu den Wendekreisen? Wie ist dieser Unterschied zwischen den Wendekreisen? Wie sind Tage und Nächte am Aequator?

Wie viel Gegenden kann man auf der Erde hinsichtlich der Tageslänge unterscheiden? Wie heissen sie? Was hat man nach dieser Vertheilung berechnet? Nur was ist verschieden? Gebt nach Tabelle §. 171. die Dauer des längsten Tages an den in §. 141 genannten Orten an. Was beobachten wir, wenn wir uns den Sonnenuntergang bei einem Stern oder Sternbild merken? Zu welchem Resultat kommen wir, wenn wir die Beobachtungen länger fortsetzen? In welcher Richtung scheint die Sonne am Sternenhimmel fortzurücken? Wodurch können wir diese Bahn bezeichnen? Wie heissen die 12 Sternbilder? Was bilden sie am Himmel? Wie wird dieser Kreis genannt? Wie viel dieses Kreises ist über, wie viel unter dem Horizonte? Wie viel Sternbilder sind also stets über und unter dem Horizonte? Sind zu jeder Tageszeit dieselben am Himmel? Was sagt man, so lange die Sonne sich in der Nähe eines Sternbildes befindet? Wie heisst es, wenn sie in ein anderes rückt? In wie viele Theile ist der Thierkreis durch die 12 Sternbilder getheilt? Wie lange gebraucht die Sonne, um von einem Sternbilde in ein anderes zu rücken? In welchem Zeitraume hat sie alle durchlaufen? In welchem Bilde steht die Sonne um Frühlingsanfang? Welche Sternbilder sind dann bei Sonnenuntergang über und unter dem Horizonte? In welchem Sternbilde steht die Sonne um Sommersanfang? Welche Sternbilder sind dann bei Sonnenaufgang über und unter dem Horizonte? In welchem Sternbilde steht die Sonne um Herbstanfang? Welche Sternbilder sind dann bei Sonnenaufgang über und unter dem Horizonte? In welchem Sternbilde steht die Sonne um Wintersanfang? Welche Sternbilder sind dann bei Sonnenuntergang über und unter dem Horizonte? Warum heissen die Wendekreise auch Wendekreis des Krebses und des Steinbocks? Worin hat diese scheinbare Bewegung der Sonne ihren Grund? Nach welcher Richtung muss die Erde sich befinden, wenn wir die Sonne in der Richtung des Widders sehen? Welches Gesetz können wir für die Stellung und Bewegung der Erde in Bezug auf den Thierkreis aufstellen? In welcher Ordnung scheint die Sonne sich an den Sternbildern vorbei zu bewegen? In welcher Ordnung thut die Erde es wirklich? Was ist als eine Folge der beiden Bewegungen der Erde anzusehen? Was ist ein Sterntag? Was ein Sonnentag? Welcher ist länger? Wenn man den Sonnentag in 24 Theile oder Stunden theilt, wie lang ist dann der Sterntag? Wie sind die Sterntage? Wie sind die Sonnentage nicht? Worin hat dieses seinen Grund? Was für Zeit unterscheidet man deshalb noch? Was ist wahre, was mittlere Sonnenzeit? Welche Zeit zeigen Taschen- und Pendeluhren? Welche Zeit wird von den Sonnenuhren angezeigt? Wie heisst der Unterschied zwischen der wahren und mittleren Sonnenzeit? In welchen Monaten ist er am grössten, am kleinsten? Aufgaben mit der in §. 184 angegebenen Tabelle der Zeitgleichung aus allen Monaten des Jahres, wie es im §. gezeigt worden ist.

B. Der Mond.

§. 185. Der Mond als Weltkörper. Der Mond ist eine Kugel, die frei im Weltraume schwebt, wie die Erde, aber viel kleiner; auch er hat seine Pole, seinen Aequator, Durchmesser, Halbmesser, Umfang und seine Oberfläche. Sein Durchmesser ist 468 Meilen, also etwas mehr als $\frac{1}{4}$ des Erddurchmessers; der Halbmesser ist 234 Meilen; der Umfang $1469\frac{1}{2}$ Meilen und seine Oberfläche beträgt 688625 □ Meilen. Die ganze Masse des Mondes beträgt $\frac{1}{80}$ der Erde, genauer $49\frac{1}{10}$; seine elliptische Umschwungsbahn liegt in einer Entfernung von 51,800 Meilen von der Erde. Die Erde befindet sich nicht in der Mitte, sondern nach dem einen Ende der Bahn, ähnlich, wie die Sonne sich nicht im Mittelpunkt der Erdbahn befindet. Die Mondbahn ist 325,304 Meilen an Umfang und diese legt er in 27 Tagen 8 Stunden zurück, so dass er täglich 11,916 Meilen, in einer Stunde 496,5 Meilen und in einer Minute 8,3 Meilen zurücklegt; er bewegt sich also mehr als 2 mal so rasch auf seiner Bahn fort, wie die Erde bei ihrem Umschwunge um sich selbst. Da die Erde sich nicht im Mittelpunkt der Mondbahn befindet, so muss er bald in der Erdnähe (Perigäum), bald in der Erdferne (Apogäum) sein; in der Erdnähe ist er 48,961 Meilen, in der Erdferne 54,644 Meilen von der Erde entfernt.

§. 186. Der Mondumlauf. Der Mond läuft um die Erde und gleichzeitig mit der Erde um die Sonne. Wie die Erde um die Sonne kreist, so kreist der Mond um die Erde. Die Erde ist der Mittelpunkt, um den er sich schwingt; denn er wendet der Erde stets dieselbe Seite zu. Er vollendet also seinen Umlauf um die Erde und seinen Umschwung um die Achse fast in derselben Zeit. Er schwingt sich mithin nicht um seine Achse, sondern um die Erdachse und die Erde führt ihn mit sich um die Sonne. Seine Bahn durchschneidet die Erdbahn vielfach; es ist also keine vollkommene Ellipse, denn es fehlt der Schluss. Würde die Erde stille stehen, so würde der Mond sich in einer vollkommenen Ellipse um die Erde schwingen; nun aber bewegt sich die Erde auf ihrer Bahn fort und führt den Mond mit sich, er kann also seinen Umlauf nie ganz vollenden.

§. 187. Die Bahn des Mondes um die Sonne erhält dadurch die Form einer Epicycloide. Fig. 23. Sie liegt auch nicht parallel mit der Erdbahn, sondern bildet mit ihr einen Winkel von

5° ; daher kommt es, dass der Mond höher und tiefer im Meridian stehen kann als die Sonne; er kann 5° höher stehen als die Sonne, für Hamburg also $60^{\circ} + 5^{\circ} = 65^{\circ}$; aber auch 5° tiefer, also hier $13^{\circ} - 5^{\circ} = 8^{\circ}$. Beobachten wir die Höhe des Mondstandes im Meridian, so werden wir finden, dass er im Winter seinen höchsten, im Sommer seinen tiefsten Stand im Meridian hat.

§. 188. Der Auf- und Untergang des Mondes rührt natürlich von der Achsendrehung der Erde her, dass er aber jeden Abend ungefähr eine Stunde später aufzugehen scheint, kommt von seiner wirklichen Fortbewegung auf seiner Bahn um die Erde. Beobachtet man den Mond etwas genauer, so bemerkt man bald, dass auch er sich, gleich der Sonne, durch den Thierkreis bewegt. Merkt man sich nun die Stellung des Mondes zu einem bekannten Sternbilde des Thierkreises, und wiederholt dieses am folgenden Abende, so wird man finden, dass der Mond um etwas mehr als 13° von Westen nach Osten sich von dem Sternbilde entfernt hat; daraus ist es erklärlich, dass er an jedem folgenden Tage etwa um 1 Stunde später aufgeht.

§. 189. Beobachten wir den Mond bei Vollmond und merken uns das Sternbild, in welchem er steht, so werden wir finden, dass er nach einigen Tagen nicht mehr in demselben Sternbilde, sondern in einem andern steht, das östlicher liegt; setzen wir unsere Beobachtung fort, so ergiebt sich, dass er in 27 Tagen 8 Stunden oder genauer 27 Tagen 7 Stunden 43 Minuten durch jedes Sternbild des Thierkreises in entgegengesetzter Ordnung wie die Sonne gegangen ist, so dass es also scheint, als ob der Mond den Thierkreis rückwärts durchläuft; er hat also seinen Umlauf um die Erde in dieser Zeit vollendet, dieses ist die periodische Umlaufszeit.

§. 190. Da aber während dieser Zeit die Erde auf ihrer Bahn mehr als 27° zurückgelegt hat, so kann offenbar der Mond noch nicht dieselbe Stellung zur Erde und Sonne haben wie zur Zeit des ersten Vollmondes, sondern er muss die Erde erst wieder auf ihrer Bahn einholen, und daher dauert die Zeit von einem Vollmonde bis zum andern auch etwa $2\frac{1}{6}$ Tag länger, also 29 Tage $12^h 44'$, dies ist die synodische Umlaufszeit. In dieser Zeit von $2\frac{1}{6}$ Tagen hat er aber wieder ein anderes Sternbild durchlaufen; daraus geht hervor, dass der folgende Vollmond stets in einem andern Sternbilde sein muss als der vorhergehende war, und zwar

in derselben Reihenfolge wie die Sonne, nur geschieht es stets in dem entgegengesetzten Sternbilde des Thierkreises, als worin die Sonne steht.

§. 191. Der Mondwechsel. Der Mond schwingt sich um die Erde, er ist aber, wie die Erde, ein dunkler Körper. Wenn er nun von der Erde sein Licht bekäme, so müsste eine Mondseite stets Tag, die andere Nacht haben, weil er uns immer dieselbe Seite zukehrt. Aber er bekommt sein Licht von der Sonne, wir sehen also auf ihm das zurückgeworfene Licht der Sonne. Während er um die Erde sich schwingt, beleuchtet ihn die ausser dem Kreise seiner Bahn stehende Sonne einmal von allen Seiten. Er hat sich also in dieser Zeit einmal um sich selbst oder um seine Achse gedreht, diese Achse liegt aber nicht in ihm selbst, sondern in der Erdachse. In 29 T. 12^h 44' wechseln einmal Tag und Nacht auf dem Monde, der Tag dauert ungefähr 14 Tage und ebenso die Nacht; Tag und Nacht sind stets gleich.

§. 192. Die von der Sonne beschienene Erdhalbkugel hat Tag, die andere Nacht. Der Mond steht der Sonne gegenüber am Himmel und beleuchtet die Nachtseite der Erde. Er muss aber etwas seitwärts stehen; denn stünde er mit der Erde und Sonne in gerader Linie, so könnte man ihn nicht sehen, weil er von dem Schatten der Erde verdeckt würde. Nun aber scheint die Sonne über die Erde hinweg auf den Mond, und zwar auf die uns zugekehrte Seite, die innere seiner Umlaufbahn; wir sehen die Mondscheibe demnach hellerleuchtet und nennen dies Vollmond. Dadurch, dass er sich um die Erde schwingt, zeigt er uns nicht stets die ganze erleuchtete Seite, sondern wir sehen sie bald ganz (Vollmond), bald halb (Viertel-Mond), bald gar nicht (Neumond). Fig. 24.

§. 193. Steht der Mond so, dass die Erde zwischen Sonne und Mond steht, so ist die Nachtseite der Erde gegen die erleuchtete Mondhälfte gewendet und wir sehen die ganze helle Mondhalbkugel; steht der Mond zwischen Erde und Sonne, so ist die erleuchtete Seite des Mondes abgekehrt und wir würden die dunkle Seite sehen. Da wir ihn in dieser Stellung natürlich nur am Tage über dem Horizonte sehen können, er aber als dunkler Körper an dem hell erleuchteten Himmel nicht gesehen werden kann, so sehen wir ihn dann weder am Tage noch in der Nacht. Steht er aber entweder östlich oder westlich von der Erde, so können wir nur

die Hälfte der erleuchteten Mondhalbkugel sehen; er erscheint uns als Viertel, entweder Morgens oder Abends.

§. 194. Verfolgen wir nun den Lauf von Vollmond bis Vollmond etwas genauer. Es sei Vollmond. Der Mond steht der Sonne gerade gegenüber. Jeden Tag rückt er weiter auf seiner Bahn; die Sonne bescheint nicht mehr die ganze innere, uns zugekehrte Mondseite, sondern auch ein Stück der äusseren uns abgekehrten Mondseite und ebensoviel von der uns zugekehrten bleibt im Dunkel. Der Mond scheint also am Lichte abzunehmen d. h. das Licht geht von der uns zugekehrten Seite weg, weil der Mond zur Seite rückt. In $7\frac{3}{8}$ Tagen hat der Mond den vierten Theil seines Umlaufs vollendet; er steht nicht mehr der Sonne und der Erde gegenüber, sondern zur Seite der Erde. Beleuchtet wird die Hälfte der uns zugekehrten inneren und die Hälfte der abgekehrten äusseren Mondseite. Die letztere sehen wir nicht, also erscheint uns unsere Mondseite halb hell, halb dunkel. Die helle Seite liegt links, die dunkle rechts. Das nennen wir den Halbmond im letzten Viertel.

§. 195. Mit jedem Tage bewegt sich der Mond weiter. Der beleuchtete Rand wird immer schmaler, weil immer mehr von der äusseren abgekehrten, uns unsichtbaren Seite erhellt wird. Die Mondsichel vollendet in $7\frac{3}{8}$ Tagen den zweiten und vierten Theil der Bahn und steht endlich zwischen der Sonne und der Erde, aber nicht in gerader Linie. Dann hat die Erdhalbkugel, die den Mond sehen könnte, Tag und zugleich ist nicht die zugekehrte, sondern die abgewendete Seite des Mondes beleuchtet; wir sehen ihn also gar nicht und nennen dieses Neumond.

§. 196. Nach abermals $7\frac{3}{8}$ Tagen hat der Mond den dritten Viertheil seiner Bahn zurückgelegt und er steht auf der andern Seite von der Erde. Nach einigen Tagen sehen wir eine schmale Mondsichel, dann immer mehr, bis wieder die andere Hälfte der uns zugekehrten und die Hälfte der abgewendeten Seite beleuchtet wird; die helle Seite ist rechts, die dunkle links. Das nennen wir den Halbmond im ersten Viertel. In den folgenden $7\frac{3}{8}$ Tagen rückt der Mond wieder der Sonne gegenüber und lässt wieder seine ganze innere Seite beleuchten im Vollmond.

§. 197. Dies ist seine Umdrehung um die Erdachse und sein Umlauf um die Erde; also sein Jahr hat einen Tag und ein Tag ist sein Jahr. Für den Mond ist ein Tag und ein Jahr,

für die Erde aber ein Monat vollendet. Man nennt die $14\frac{3}{4}$ Tage vom Neumond zum Vollmond auch zunehmendes Licht; die $14\frac{3}{4}$ Tage vom Vollmonde bis zum Neumonde auch abnehmendes Licht. Die verschiedenen Lichtgestalten heissen die Phasen des Mondes.

§. 198. Der Mond als physischer Körper. Unter allen Weltkörpern ist der Mond wohl am meisten betrachtet worden, denn er ist der Erde der nächste Weltkörper. Beobachten wir die hellerleuchtete Mondscheibe nur mit blossen Augen, so sehen wir sehr bald dunkle Flecke und Striche darauf, woraus die Phantasie der Menschen schon allerlei erdacht hat. Betrachtet man diese dunklen Stellen indessen mit einem guten Fernrohre etwas genauer, so bemerkt man gar bald etwas anderes als blosse Punkte. Die Astronomen haben so viel auf dem Monde entdeckt, dass man davon hat Karten, Mondkarten, entworfen und gezeichnet.

§. 199. Natürlich kennen wir nur die uns zugekehrte Halbkugel des Mondes. Der Mondkörper scheint mit der Erde so ziemlich von gleicher Masse zu sein; aber seine Lufthülle ist so durchsichtig, so wolkenlos und unfähig das Licht zu brechen, dass man mit Recht zweifelt, ob er überhaupt eine Lufthülle habe; auch von Wasser hat man noch Nichts merken können; grosse, dunkle Vertiefungen sind zwar da, allein es scheinen keine mit Wasser gefüllte Meere zu sein. Auch sehr hohe Berge, ja ganze Gebirgsreihen, Hochflächen, Gebirgskessel und rinnenförmige Vertiefungen, und Ringgebirge hat der Mond; man bemerkt Berge von 25000' Fuss Höhe, also wie die höchsten Berge der Erde; sie sind demnach bei der Kleinheit des Mondes im Verhältniss viel höher als die allerhöchsten Berge der Erde.

§. 200. Die meisten Berge haben die Form unserer Vulkane, d. h. kegelförmig, mit einem trichterförmigen Krater auf dem Gipfel; ob sie aber wirkliche Vulkane sind, ist unentschieden, wenigstens hat man noch keinen in Thätigkeit gesehen, man merkt auch nie Veränderungen daran. Die hellen Stellen der Mondscheibe sind ebene Flächen und die Spitzen der Berge; die dunklen sind die Schatten der hohen Berge und Gebirge und der langen schmalen Vertiefungen. Von Pflanzen, Thieren und menschenähnlichen Geschöpfen hat man nicht das Geringste sehen können. Vielleicht sind sie, der grossen Entfernung wegen, viel zu klein, als dass sie mit den besten Fernröhren beobachtet werden konnten. Höchst

wahrscheinlich sind gar keine Organismen auf dem Monde, da die beiden Haupterfordernisse des organischen Lebens: Luft und Wasser, auf dem Monde zu fehlen scheinen. Vielleicht ist er eben in einem jener Zeiträume befindlich, worin eine Neubildung sich vorbereitet. Das Alles ist jetzt noch unentschieden.

Fragen zur Wiederholung.

Was für ein Körper ist der Mond? Womit hat er also Aehnlichkeit? Was kann man an ihm erkennen? Wie verhält er sich zur Erde? Welcher Erdtheil ist ungefähr eben so gross wie die Mondoberfläche? Welche Form hat seine Bahn? Wie weit ist sie von der Erde entfernt? Wie lange gebrauchen die oben angegebenen Bewegungen, um von der Erde zum Monde zu gelangen? Wie viel Meilen Umfang hat die Mondbahn? In welcher Zeit legt er diese zurück? Wie schnell bewegt er sich in einem Tage, einer Stunde, Minute? Berechne die Geschwindigkeiten der andern Bewegungen und vergleiche sie mit der des Mondes und der Erde! Wo befindet sich die Erde in der Mondbahn? Was kann man also in Bezug auf die Entfernung des Mondes von der Erde unterscheiden? Wie viel Meilen ist das Apogäum, das Perigäum? Welche Bewegung hat der Mond in Bezug zur Erde und Sonne? Was wendet er der Erde stets zu? Was vollendet er fast gleichzeitig? Wo herum schwingt er sich? Was hat er selbst eigentlich nicht? Was thut die Mondbahn in Bezug zur Erdbahn? Was bildet die Mondbahn nicht vollkommen? Worin hat dieses seinen Grund? Welche Form hat die Mondbahn während eines Jahres? Wie liegt sie zur Erdbahn? Wie gross ist der Winkel? Welche Höhe und Tiefe im Meridian kann der Mond erreichen? Erklärt den verspäteten Auf- und Untergang des Mondes! Wie viel Grad rückt er täglich im Thierkreis fort? In welcher Reihenfolge durchläuft er monatlich den Thierkreis? In welcher Reihenfolge jährlich? Wie lange dauert sein periodischer, synodischer Umlauf? Woher kommt der Unterschied? Wie lange dauert der Tag und die Nacht auf dem Monde, wie sind sie? Wie ist der Lauf des Mondes? Worin hat das abnehmende und zunehmende Licht seinen Grund? Was bemerkt man auf der hellerleuchteten Mondscheibe? Was hat man sich daraus vorgestellt? Was hat man vom Mond entworfen? Welche Mondhalbkugel kennen wir nur? Was bemerkt man nicht auf dem Monde? Was sind viel darauf vorhanden? Wie hoch sind die höchsten Mondberge? Welche Form haben die meisten? Was für Berge sind es aber nicht? Was kann also nicht auf dem Mond sein? Was sind die hellen, die dunkeln Stellen? Was für Wesen können wol nicht auf dem Mond sein? Weshalb nicht? Worin ist der Mond vielleicht noch begriffen?

C. Die Finsternisse.

§. 201. Wie bekannt ist, unterscheidet man zwei Arten Finsternisse, Sonnen- oder richtiger Erd-Finsternisse und Mondfinsternisse, beide entstehen durch den Lauf des Mondes und aus dem Grunde, dass ein dunkler undurchsichtiger Körper einen Schatten wirft, wenn er von einer Seite von einem leuchtenden Körper erhellt wird. Der Schatten, welcher von der ganzen Masse des Körpers gebildet wird, heisst Kernschatten; er bildet einen Kegel, dessen Spitze vom Körper abgewendet und dessen Länge von der Grösse des schattenden Körpers und der Entfernung des Lichtes abhängt. Seitwärts von dem Kernschatten verbreitet sich noch ein Zwielight, dies ist der Halbschatten, der die Form eines abgestumpften Kegels hat. Denken wir uns den Kern- und Halbschatten im Durchschnitt dargestellt, so bemerken wir in der Mitte einen tief schwarzen Fleck, umgeben von einem grösseren helleren Kreise. Fig. 25. Je weiter der Durchschnitt von dem schattenden Körper entfernt ist, desto kleiner ist der dunkle Fleck und desto grösser der hellere Kreis.

§. 202. Bei dem Umlauf des Mondes um die Erde trifft es sich zuweilen, dass der Mond mit der Erde und Sonne in gerader oder fast gerader Linie zu stehen kommt; das kann natürlich nur bei Vollmond und Neumond geschehen. Im ersteren Falle wird der Mond nicht von der Sonne beleuchtet, wie gewöhnlich beim Vollmonde, sondern die Erde beschattet den Mond und hindert seine Beleuchtung. Da der Mond 51,800 Meilen von der Erde entfernt ist, die Erde aber einen Kernschattenkegel von 185453 Meilen wirft, so ist klar, dass der Mond von diesem Kernschattenkegel kann erreicht und beschattet werden. Wir sehen nach und nach den Sonnenschein von Osten nach Westen von ihm verschwinden; dies dauert so lange, bis er durch seine Bewegung aus dem Erdschatten hervorgetreten ist; erst mit dem östlichen Rande, dann mit der ganzen Scheibe. Dies ist eine Mondfinsterniss.

§. 203. Steht der Mond bei Vollmond mit der Erde und Sonne in gerader Linie, so verdeckt der Erdschatten die Mondscheibe ganz; dies ist dann eine totale Mondfinsterniss; steht er aber nicht mit der Erde und Sonne in gerader Linie, so kann der Erdschatten die Mondscheibe nur theilweise verdecken, dies ist dann eine partiale Mondfinsterniss. Eine totale

Mondfinsterniss kann 2 Stunden dauern; eine partiale ist stets kürzer. In einem Zeitraum von 18 Jahren treten gewöhnlich 29 Mondfinsternisse ein. Eine Mondfinsterniss dient auch als Beweis für die Kugelgestalt der Erde, da der Erdschatten auf dem Monde sich rund zeigt. Eine Mondfinsterniss ist für alle Gegenden der nächtlichen Erdhalbkugel sichtbar, über deren Horizont der Mond steht und zwar überall von gleicher Grösse und Dauer.

§. 204. Steht der Mond zwischen der Sonne und der Erde in gerader oder fast gerader Linie, bei Neumond; dann kann man die Sonne so lange nicht sehen, als der Mond vor der Sonnenscheibe steht, und wir haben eine Sonnenfinsterniss, eigentlich eine Erdfinsterniss, da der Mond die Erde durch seinen Schatten verdunkelt. Da aber der Kernschatten des Neumondes nur 50,209 Meilen lang ist, so trifft er nur sehr wenig die Erde, so dass eine Sonnenfinsterniss nie sehr dunkel ist, denn die Erde wird nur vom Halbschatten getroffen. Steht er mit Sonne und Erde in gerader Linie, so verdeckt er sie oft völlig und man nennt dies eine totale Sonnenfinsterniss. Befindet sich der Mond in der Erdferne, so erscheint seine Scheibe kleiner als die Sonnenscheibe; er lässt dann von der Sonne einen hellen Rand rund herum stehen, dann heisst die Sonnenfinsterniss ringförmig. Steht er nicht ganz in gerader Linie, so verdeckt er die Sonne nur theilweise und dies ist eine partiale Sonnenfinsterniss.

§. 205. Eine Sonnenfinsterniss dauert so lange, bis der Mond auf seiner Bahn an der Sonnenscheibe vorübergegangen ist; für einen bestimmten Ort dauert sie nur so lange, bis der Kernschatten an dem Ort verschwunden ist, sie dauert höchstens $3\frac{1}{4}$ Minuten. Der Halbschatten des Mondes bedeckt aber einen viel grösseren Erdraum und deshalb hat man auf einen weit grösseren Erdraum und viel häufiger eine partiale als eine totale Sonnenfinsterniss Fig. 26. Innerhalb des Mondcyklus von 18 Jahren können 41 Sonnenfinsternisse eintreten; doch sind für einen bestimmten Ort etwa der dritte Theil nur sichtbar. Die Sonnenfinsterniss beginnt am Westrande und schreitet nach Osten fort; das Sonnenlicht wird trübdunkelroth und man kann durch ein geschwärztes Glas den dunkeln Mondkörper langsam an der Sonne vorüberziehen sehen.

§. 206. Würde nun die Mondbahn dieselbe Lage wie die Erdbahn haben, so müsste bei jedem Vollmonde eine Mondfinsterniss und bei jedem Neumonde eine Sonnenfinsterniss (Erdfinster-

niss) eintreten. Dass dies aber nicht der Fall ist, rührt von der schiefen Lage der Mondbahn zur Erdbahn her; denn so kommt der Mond nur dann in gerader Linie mit der Erde und Sonne zu stehen, wenn er am Tage des Voll- oder Neumondes in den Durchschnittspunkt oder Knoten seiner Bahn mit der Erdbahn tritt. Unter dieser Voraussetzung kann nur eine totale Finsterniss; eine partiale kann indessen auch eintreten, wenn der Mond weniger als 16° von seinem Knotenpunkt als Neu- oder Vollmond am Himmel steht. Geht der Mond dagegen an einem andern Tage durch seinen Knoten, so hat er am Tage des Voll- oder Neumondes eine höhere (nördlichere) oder tiefere (südlichere) Stellung zur Erdbahn oder eine Breite erreicht. Er geht als Vollmond nördlich oder südlich an dem Erdschatten und kann als Neumond seinen Schatten über den Nord- oder Südpol hinwegwerfen. Daher liegen die Finsternisse immer um 6 Monate von einander. Die in diesem Jahre stattfindenden Finsternisse siehe im Anhange.

Fragen zur Wiederholung.

Was für verschiedene Arten Finsternisse hat man? Wodurch entstehen sie? Was ist der Kernschatten? Welche Form hat er? Wovon hängt die Länge des Kernschattens ab? Was befindet sich seitwärts vom Kernschatten? Welche Form hat er? Wie sieht der Kern- und Halbschatten im Durchschnitt dargestellt aus? Welches Gesetz findet man hier? Was geschieht zuweilen bei Vollmond? Wie lang ist der Kernschatten der Erde? Was kann also die Erde? In welcher Richtung sehen wir den Sonnenschein vom Monde verschwinden? Wie lange dauert die Mondfinsterniss? Was für verschiedene Mondfinsternisse hat man? Wie entsteht eine totale, partiale Mondfinsterniss? Wofür ist die Mondfinsterniss ein guter Beweis? In welchen Gegenden kann man sie gut erkennen? Wann tritt eine Sonnenfinsterniss ein? Bei welcher Mondgestalt kann es nur geschehen? Was für eine Finsterniss ist es eigentlich? Welcher Körper wirft den Schatten und wer erhält ihn? Wie lang ist der Kernschatten des Neumondes? Welcher Körper wird wenig getroffen? Wie ist also eine Sonnenfinsterniss nicht? Von welchem Schatten wird die Erde nur getroffen? Was für verschiedene Sonnenfinsternisse hat man? Warum hat man keine ringförmige Mondfinsterniss? Woher entsteht die ringförmige Sonnenfinsterniss? Wie lange dauert eine Sonnenfinsterniss? Wie lange kann eine totale Sonnenfinsterniss höchstens dauern? Welche Sonnenfinsternisse sind die häufigsten? In welcher Richtung verbreitet sich die Sonnenfinsterniss? Wie wird das Sonnenlicht? Wodurch kann man eine

Sonnenfinsterniss beobachten? Was müsste eigentlich bei jedem Voll- und Neumonde eintreten? Warum geschieht dies nicht? In welchem Fall haben wir denn eine Sonnenfinsterniss? In welchem Fall kann noch eine partiale Sonnenfinsterniss eintreten? Was hat der Mond schon erreicht, wenn er an einem andern Tage durch den Knoten geht? Wie geht er dann als Vollmond an dem Erdschatten vorbei? Als Neumond fällt sein Schatten dann worüber hinweg? Wie lange liegen die Finsternisse von einander?

V. Das Sonnensystem.

A. Die Sonne.

§. 207. Die Sonne als Weltkörper. Da wir den Einfluss der Sonne auf die Erde und den Mond, und die Bewegung der Erde mit dem Mond um die Sonne kennen gelernt haben und auch wissen, wie weit die Sonne von der Erde entfernt ist, wollen wir die Sonne selbst kennen lernen. Die Sonne ist auch ein Weltkörper von kugelförmiger Gestalt, wie die Erde und der Mond, ja genaue Beobachtungen haben gelehrt, dass sie fast eine vollkommene Kugelgestalt hat, nicht so wie die Erde, die an beiden Polen abgeplattet ist; aber sie ist von kaum denkbarer Grösse. Als Weltkörper hat die Sonne einen Durchmesser, Halbmesser, Umfang und eine Oberfläche; da auch die Sonne sich dreht, so hat sie auch eine Achse, zwei Pole und einen Aequator.

§. 208. Der Durchmesser der Sonne ist 192608 geograph. Meilen, der Halbmesser demnach 96304 Meilen lang, der Umfang beträgt 605099 Meilen, die Oberfläche aber ist 117,546,908,192 $\square$ Meilen. Vergleichen wir sie mit der Erde, so erkennen wir erst recht die unbegreifliche Grösse des Sonnenkörpers. Der Sonnendurchmesser und Sonnenäquator ist 112 mal so gross wie der Erdäquator und Erddurchmesser und ihre Oberfläche 12557 mal so gross wie die Oberfläche der abgeplatteten Erdkugel. Wäre die Sonne inwendig hohl und im Mittelpunkt befände sich die Erde, so könnte der 51800 Meilen von der Erde entfernte Mond die Erde in der Sonne umkreisen und es bliebe noch eine Schale von 43410 Meilen Dicke übrig. Dem Rauminhalte nach könnte man 1409725 Erdkörper daraus machen, indessen man der Masse nach nur 355499 Erden daraus bilden könnte. Hieraus geht hervor, dass die Sonnenmasse lockerer als die Erdmasse sein muss, und

zwar besitzt sie nur $\frac{1}{4}$ der Dichtigkeit des Erdkörpers, also etw die Dichtigkeit der Braun- und Holzkohle.

§. 209. Licht und Wärme. Steht die Sonne des Mittags am wolkenlosen Himmel, so können wir sie mit blossem Auge nicht betrachten, denn ihr Licht ist viel zu hell und blendend. Nur des Morgens und Abends, wenn sie am Horizonte steht oder wenn ein dünner Wolkenschleier sie verdeckt, können wir in ihr Licht hineinsehen. Betrachten wir sie aber des Mittags bei hellem Lichte durch ein gefärbtes oder geschwärztes Glas, wie es bei einer Sonnenfinsterniss geschieht, so bemerken wir zwei Erscheinungen: 1. dass das Licht der Sonne nicht ruhig glänzt, wie das Mondenlicht, sondern in steter Bewegung zu sein scheint, gerade wie das funkelnde Licht der Fixsterne am nächtlichen Himmel; 2. dass sie nicht überall gleich hell ist, sondern auch dunkle Flecke, Sonnenflecke und hellere Stellen, Sonnenfackeln, hat.

§. 210. Das Licht der Sonne kommt höchstwahrscheinlich von einer Lichthülle her, wovon sie umgeben ist, wie die Erde von einer Lufthülle. Diese Lichthülle der Sonne scheint sehr hoch und dicht zu sein. Das letztere hat offenbar in der ungeheuren Anziehung, welche der Sonnenkörper auf seine Umgebung ausübt, seinen Grund. Diese Anziehung stellt Prof. Mädler als den einzigen Grund des Sonnenlichts und seiner Wärme hin. Er sagt: „Das Leuchten der Sonne, so wie ihre erwärmende Kraft, steht vielmehr höchstwahrscheinlich im Zusammenhange mit der grossen Schwerkraft an ihrer Oberfläche, welche eine grosse Verdichtung der umhüllenden gasartigen Massen zur Folge haben muss. Es ist bekannt, dass man allein durch Verdichtung der atmosphärischen Luft auf das 30—40 fache ihres normalen Zustandes nicht allein Wärme erregen, sondern auch, wenn gleich nur momentan, Lichterscheinungen hervorbringen kann. Auf der Sonne aber findet eine ähnliche Verdichtung fast beständig statt, und diese Massen erstrecken sich auf hunderte von Meilen in die Höhe. Es scheint, dass jeder mit einer so stark verdichteten gasförmigen Hülle umgebene Körper leuchten müsse, und dass eine sehr beträchtliche Masse überhaupt nothwendige Bedingung des Selbstleuchtens sei.“ Dieses Selbstleuchten der Sonne ist eben die Ursache, dass das Licht nicht ununterbrochen zu uns gelangt, sondern in wellenförmigen Schwingungen, die wir als das Funkeln des Sonnenlichts und Fixsternlichts bemerken.

§. 211. Die Sonnenflecke sind nicht wie beim Monde, Schatten von Vertiefungen oder von Gebirgen, sondern sie befinden sich in der Lichthülle; sie sind gewöhnlich sehr dunkelbraun, fast schwarz, von 50 – 60000 Meilen Längenausdehnung, und sind jedenfalls Störungen oder Risse, vielleicht Verdünnungen in der Lichthülle des Sonnenkörpers. Durch sie hindurch kann man den dunklen, festen Sonnenkörper erkennen; doch auf dem Sonnenkörper kann man nichts erkennen. Diesen Verdünnungen entgegengesetzt kommen auch Verdichtungen der Lichthülle vor; deshalb sieht man zuweilen das Gegenteil, nämlich hellerleuchtete Stellen, Sonnenfackeln, namentlich nach den Rändern hin.

§. 212. Die Bewegung der Sonne. Betrachtet man mehrere Tage hintereinander die grösseren Flecke mit einem verdunkelten Fernrohr, so bemerkt man, dass sich die Flecke vom linken oder östlichen Sonnenrande nach dem rechten oder westlichen bewegen und zwar in der Zeit von $13\frac{3}{4}$ Tagen, so dass ein Fleck, der heute am linken Rande erscheint, nach ungefähr $13\frac{3}{4}$ Tagen rechts und nach fast $27\frac{1}{2}$ Tagen wieder links sich befindet. Es sind nun offenbar zwei Fälle denkbar, worin die Bewegung der Flecke ihren Grund haben kann: 1. die Sonne ist unbeweglich und die Flecken können sich mit der Lichthülle um die Sonne schwingen; 2. die Sonne kann sich mit ihnen um ihre Axe drehen.

§. 213. Es ist aber gar kein Grund vorhanden, annehmen zu dürfen, die Sonne ruhe im Weltraume, da an allen Weltkörpern eine Bewegung wahrgenommen ist, und ihre Lichthülle drehe sich allein; sondern wir werden zur Annahme einer Achsendrehung der Sonne noch durch folgende Umstände bestärkt: 1. die Flecke erscheinen regelmässig; 2. sie bewegen sich mit ihren helleren Umgebungen zu gleicher Zeit; 3. die am Rande erscheinenden Flecke sind schmal, stellen sich aber immer breiter dar, jemehr sie sich der Mitte nähern und werden endlich am rechten Rande wieder schmal, wie sie am linken waren. Wir sehen die Randflecken von der Seite und nur die mittelsten recht von vorne. Sie müssen also der Oberfläche angehören und diese Oberfläche muss sich bewegen, eine Bewegung, die auf der uns zugewandten Seite von Osten gegen Westen, auf der abgewandten von Westen gegen Osten, also überhaupt von Westen gegen Osten vor sich geht.

§. 214. Durch diese genauen Beobachtungen ist es erwiesen, dass die Sonne sich in $25\frac{1}{2}$ Tagen von Westen gegen Osten um

ihre Achse dreht. Dies ist die periodische Umdrehungszeit. Hat aber ein Sonnenfleck seinen Weg einmal zurückgelegt, so dass er nach $25\frac{1}{2}$ Tagen wieder demselben Punkte des Himmels gegenübersteht, so währt es doch noch 46 Stunden, ehe er wieder in dieselbe Stellung zur Erde gelangt, denn diese ist in der Zwischenzeit ebenfalls, und zwar in gleicher Richtung wie der Sonnenfleck, in ihrer Bahn fortgerückt, und der Sonnenfleck muss also etwas mehr als einen Umlauf machen, um der Erde wieder gegenüber zu stehen. Diese synodische Umdrehungszeit der Sonne wird also $27\frac{1}{2}$ Tage lang sein. Die Sonnenachse ist gegen die Erdbahn $7\frac{1}{2}^{\circ}$ geneigt. Die Sonne dreht sich über 4mal so schnell wie die Erde, denn ein Punkt am Sonnenäquator bewegt sich an einem Tage 23717,2 Meilen, in einer Stunde 988,2 Meilen, in einer Minute 16,5 Meilen.

Fragen zur Wiederholung.

Was für ein Körper ist die Sonne? Von welcher Gestalt? Was ist in Bezug auf die Gestalt an ihr besonders merkwürdig? Welche Linien kann man an der Sonne besonders unterscheiden? Wie lang ist der Sonnendurchmesser, Halbmesser? Wie viel Meilen ist der Umfang? Wie lange muss ein Reiter reiten, der täglich 10 Meilen zurücklegt, um einmal die Sonne zu umreiten? Wie lange gebrauchen die oben genannten Geschwindigkeiten, um den Umfang zurückzulegen? Wie viel Quadratmeilen enthält die Oberfläche der Sonne? Wie viel Erden, Monde können wir dem Rauminhalte nach daraus machen? Wie viel aber der Masse nach? Was kann sich um die Erde schwingen, wenn sie sich im Mittelpunkt der Sonne befindet? Wie dick ist dann noch die Schale? Wie viel mal so gross ist der Sonnenäquator wie der Erdäquator, Mondäquator? Wie viel mal so gross ist die Sonnenoberfläche wie die Erdoberfläche, Mondoberfläche? Wie ist das Sonnenlicht mit blossen Auge betrachtet? Wann können wir nur das Sonnenlicht ertragen? Welche Erscheinungen beobachtet man an der Sonne durch ein geschwärztes Fernrohr? Wie zeigt sich das Sonnenlicht? Was ist die Ursache des Lichtes? Wie ist diese Lichthülle? Worin hat die Höhe und Dichtigkeit der Lichthülle ihren Grund? Was ist überhaupt die Ursache des Selbstleuchtens? Wie erklärt sich das Funkeln des Sonnen- und Fixsternlichts? Was sind die Sonnenflecke nicht? Welche Farbe haben sie? Von welcher Grösse hat man sie beobachtet? Worin haben die Sonnenflecke und Sonnenfackeln ihre Ursache? Wie ist der Sonnenkörper? Was kann man nicht bemerken? Was bemerkt man, wenn man die Sonnenflecke mehrere Tage lang beobachtet? In welcher Richtung bewegen sie sich? Wie lange dauert die Bewegung? Worin kann diese Bewegung ihren Grund haben? Zu welcher Annahme ist kein Grund vorhanden? Welche Umstände sprechen für eine Achsen-

drehung? In welcher Richtung geschieht diese Drehung? In wie vielen Tagen ist sie vollendet? Wie heisst diese Umdrehung? Wie lange dauert die synodische Umdrehung? Worin hat dies seinen Grund? Wie viel Grad ist die Sonnenachse gegen die Erdbahn geneigt? Wie viel Grad gegen die Erdachse im Maximum und Minimum? Wie viel mal so schnell wie die Erde, der Mond bewegt sich die Sonne?

B. Das Sonnensystem.

§. 215. Erklärung. Wir wissen, dass die Erde sich nicht nur um ihre Achse dreht, sondern sich auch in einer elliptischen Bahn um die Sonne bewegt. Die beiden Punkte, wodurch eine Ellipse gebildet werden kann, heissen die Brennpunkte. In einem dieser Brennpunkte der Erdbahn steht die Sonne, sie ist somit also Mittelpunkt. Die dunkle Erde bewegt sich um die Sonne und erhält von derselben Licht. Alle Himmelskörper, welche um die Sonne kreisen und von ihr Licht erhalten, heissen Planeten, demnach ist die Erde ein Planet.

§. 216. Ausser den Fixsternen haben wir am heitern Nachthimmel Sterne beobachtet, die ihren Stand zu den andern merklich verändern, bald vorwärts, bald rückwärts sich bewegen, wie die Venus, der Jupiter, der Saturn. Auch diese Sterne sind von ähnlicher Beschaffenheit wie unsere Erde; auch sie sind dunkel und erhalten ihr Licht von der Sonne, drehen sich um ihre Achse und bewegen sich um die Sonne. Es sind also auch Planeten wie unsere Erde. Weil die Planeten das Licht nicht selbst besitzen, sondern nur zurückstrahlen, so ist es ein ruhiges und kein flimmern-des Licht, man kann sie dadurch von den Fixsternen unterscheiden. Die Planeten haben die Achsendrehung nicht allein, sondern diese hat auch die Sonne und der Mond, man kann daran die Planeten nicht allein erkennen.

§. 217. Solche Planeten, welche sich unmittelbar um die Sonne bewegen, heissen Hauptplaneten. Die Erde ist ein Hauptplanet. Solche Planeten, welche sich um die Hauptplaneten und mit diesen um die Sonne bewegen, heissen Nebenplaneten. Der Mond ist ein Nebenplanet. Einige andere Hauptplaneten haben auch Nebenplaneten, wie der Jupiter, der Saturn. Die Hauptplaneten drehen sich um ihre Achse, bewegen sich um die Sonne und sind dunkel. Die Nebenplaneten drehen sich um ihre Achse, bewegen sich um einen Hauptplaneten und mit diesem um die Sonne und sind dunkel. Hauptplaneten und Ne-

benplaneten erhalten ihr Licht von der Sonne und sind immer auf der Seite erleuchtet, welche der Sonne zugekehrt ist.

§. 218. Zahl und Eintheilung der Planeten. Bis jetzt (1864) kennt man 86 Hauptplaneten und vielleicht 18 Nebenplaneten; doch ist diese Zahl stets veränderlich, da jede sternhelle Nacht neue Planeten bringen kann. Von den Hauptplaneten sind 8 gross und 78 klein. Die kleinen Planeten heissen Planetoiden oder Asteroiden; ihre Zahl ist eben so veränderlich, indem es eine grosse Anzahl giebt, die so klein sind, dass auch das schärfste Fernrohr und der aufmerksamste Beobachter sie noch nicht hat auffinden können. Diejenigen Planeten, welche der Sonne näher stehen als die Erde, hat man untere, die übrigen obere Planeten genannt. Am besten und natürlichsten theilt man sie in 3 Gruppen, eine innere, mittlere und äussere Gruppe.

§. 219. Die Namen aller Hauptplaneten sind folgende:

1. Innere Gruppe: Merkur, Venus, Erde, Mars.
2. Mittlere Gruppe, Planetoiden oder Asteroiden: Ceres, Pallas, Juno, Vesta, Asträa, Hebe, Iris, Flora, Metis, Hygiea, Parthenope, Victoria, Egeria, Irene, Eunomia, Psyche, Thetis, Melpomene, Fortuna, Massalia, Lutetia, Calliope, Thalia, Themis, Phocäa, Proserpina, Euterpe, Bellona, Amphitrite, Urania, Euphrosyne, Pomona, Polyhymnia, Circe, Leucothea, Atalante, Fides, Leda, Lätitia, Harmonia, Daphne, Isis, Ariadne, Nysa, Eugenia, Hestia, Aglaja, Doris, Pales, Virginia, Nemausa, Europa, Calypso, Alexandra, Pandora, Melete, Mnemosyne, Concordia, Elpis, Danae, Echo, Erato, Ausonia, Angelina, Maximiliana, Maja, Asia, Leto, Hesperia, Panopea, Niobe, Feronia, Clytia, Galatea, Eurydice, Freia, Frigga, Diana.

3. Aeussere Gruppe: Jupiter, Saturn, Uranus, Neptun.

§. 220. Die Sonnensysteme. So bilden denn alle diese Himmelskörper, zusammen genommen mit noch ungefähr 200 jetzt bekannten Kometen, die sich in langgestreckten elliptischen Bahnen von Westen gegen Osten in verschiedenen Richtungen um die Sonne schwingen und nur in der Sonnennähe von uns gesehen werden, das Sonnensystem. Man nennt es das Copernikanische, nach des grossen Astronomen Copernicus unsterblichem Andenken, der die grosse Wahrheit, dass die Erde sich um sich selbst drehe und um die Sonne schwinde, zuerst entdeckte und lehrte. Er lebte von 1472—1543 und beschrieb auf viele Bitten

seiner Schüler erst kurz vor seinem Tode dieses System und legte seine Gründe dafür in diesem Werke nieder. Fig. 27.

§. 221. Wenn auch schon Aristarch von Samos sagte: „Die Erde dreht sich um ihre Achse und zugleich in einem schiefen Kreise um die Sonne. Dieser Kreis aber verhält sich zur Entfernung der Fixsterne nur wie der Mittelpunkt zur Peripherie, und deshalb können wir die Bewegung der Erde an den Fixsternen nicht wahrnehmen.“ So war doch im ganzen Alterthum und Mittelalter die Ansicht herrschend, dass die Erde die Welt sei und im Mittelpunkt ruhe und dass Sonne, Mond, Planeten und Fixsterne sich um die Erde drehten. Griechen, Römer und Araber waren nicht im Stande ein auf Beobachtung gegründetes System aufzustellen. Selbst Plato, Aristoteles, Hipparch und Ptolemäus vermochten sich von dem Scheine nicht loszusagen; wenn auch Ptolemäus 130 v. Chr. es zuerst unternahm, ein System zu entwerfen. Dieses System nennt man nach ihm das Ptolemäische System; er hat es in einem Werke beschrieben.

§. 222. Nach diesem System Fig. 28. bildet die Erde den Mittelpunkt und um die Erde bewegen sich zunächst der Mond, Merkur, Venus, Sonne, Mars, Jupiter, Saturn (mehr Planeten kannte man damals noch nicht). Den äussersten Kreis bildeten die Fixsterne. Man erklärte also die Bewegungen ausser der Erde; das Ganze bewegte sich in 24^h um die Erde. Innerhalb der Sphäre bestehen noch besondere. Mond und Sonne bewegen sich in excentrischen Kreisen, jener in $27\frac{1}{3}$ Tagen, diese in $365\frac{1}{4}$ Tagen um die Erde, daher ihr bald langsamer, bald schneller erscheinender Lauf und ihre veränderliche Grösse. Die Planeten dagegen laufen nicht in Kreisen, sondern in Epicyklen um die Erde, daher ihr scheinbares Vor- und Rückwärtsgehen, sowie ihr zeitweises Stillstehen. Diese Epicyklen mussten so viele Durchschlingungspunkte erhalten, als der wirkliche Umlauf des Weltkörpers Erdjahre in sich begriff, Jupiter z. B. 12 und Saturn 29 solcher Durchschlingungen. Da durch dieses verwickelte System dennoch nicht Alles erklärt werden konnte, da — ganz abgesehen von den Kometen — bei den Planeten die Epicyklen noch nicht ausreichten, so vervielfältigte man sie, man setzte neue Epicyklen an die alten. Ebenso vermochte man nicht wol zu erklären, warum Merkur und Venus, wenn sie um die Erde liefen, sich nie auf der der Sonne entgegengesetzten Seite, wie der Mond, zeigten. Dies veranlasste

eine Modification des Systems, nach welchem diese beiden Planeten nicht unmittelbar, sondern nur als Begleiter der Sonne mit dieser um die Erde sich bewegten und ausserdem noch eine eigene Bewegung um die Sonne hätten. Dies war das Aegyptische System. Fig. 29.

§. 223. Alle diese Systeme waren auf den Schein gegründet und man erkennt aus ihnen, zu welchen Verwicklungen man seine Zuflucht dann nehmen muss, um die Wahrheit zu erklären. Erst dem Copernicus war es vergönnt, die Wahrheit in ihrer Einfachheit und Klarheit mit seinem geistigen Auge zu schauen. Und wenn ihm auch in Tycho de Brahe ein heftiger Gegner erwuchs, so half dieser doch selbst der Wahrheit zum Siege durch seine sorgfältigen und scharfen Beobachtungen. So lehrt ein flüchtiger Blick in die Geschichte der Astronomie, wie im Laufe der Zeiten der menschliche Geist vom Schein zur Wirklichkeit, vom Irrthum zur Wahrheit, von der Nähe bis in die unendlichste Ferne vorgedrungen ist. Unaufhaltsam wird er auf der Bahn der Erkenntniss vorwärts eilen und sein Durst nach derselben wird nie aufhören; aber es wird ihm auch nie an Stoff der Erforschung fehlen. Und wenn einerseits auch kein Mensch die hehre Wahrheit in ihrem ganzen Lichte erkennen und ins geheimnissvolle Innere der Natur dringen wird, so kann uns doch andererseits der Spruch Göthe's trösten:

„Du gleichst dem Geist, den Du begreifst!“

Fragen zur Wiederholung.

Welche Punkte kann man in einer Ellipse erkennen? Wie heissen diese? Wo befindet sich die Sonne in ihrem System? Was ist sie demnach? Was thut die Erde und was erhält sie von der Sonne? Wie heissen solche Körper? Was ist also unsere Erde? Wer kennt noch andere? Woran kann man die Planeten nicht allein erkennen? Was für verschiedene Planeten giebt es? Was sind Haupt-, was Nebenplaneten? Welche Seite ist stets erleuchtet? Wie viel Haupt- und wie viel Nebenplaneten kennt man bis jetzt (1864)? Wie kann man die Hauptplaneten, der Grösse nach, eintheilen? Wie heissen die kleinen? Wie verhält sich ihre Zahl zu den grossen? Wie kann man die Hauptplaneten, der Stellung nach, eintheilen? Welche heissen untere, welche obere Planeten? Wie kann man sie aber am natürlichsten nach Grösse und Stellung gruppiren? Was bilden die Sonne, Planeten und Kometen zusammen? Wie nennt man das System, welches in der vorhin angedeuteten Ordnung jetzt allgemein anerkannt wird? Nach welchem Manne? Wann lebte er? Stellt dieses System in einer Zeichnung

dar! Welche Bemerkung findet man in den Schriften des Aristarch? Welche Ansicht war demnach im Alterthum herrschend? Was vermochten Griechen, Römer und Araber nicht? Ja selbst Plato, Aristoteles, Hipparch und Ptolemäus konnten sich von welcher Anschauung nicht lossagen? Wer stellte im Alterthum zuerst ein System auf? Wann lebte er? Wie heisst dieses System? Stellt es durch eine Zeichnung dar und erklärt es! Was blieb aber unerklärt? Was nahm man deshalb an? Was that man, wenn die Epicyklen nicht ausreichten? Was konnte man bei Merkur und Venus gar nicht erklären? Zu welcher Veränderung des Systems gab dies Veranlassung? Wie nannte man dies neue System? Vergleicht alle drei Systeme nach ihrer Aehnlichkeit und Unähnlichkeit! Welches ist das natürlichste? Wodurch unterscheiden sich die beiden alten Systeme? Worin sind sie sich ähnlich? Worauf sind beide gegründet? Worauf ist das Copernikanische System gegründet? Zu welchem Resultat in Bezug auf die geistige Entwicklung des Menschen gelangt man, wenn man nur solch einen flüchtigen Blick in die Geschichte der Astronomie wirft?

C. Die Planeten.

§. 224. Die unteren Planeten können in Bezug auf die Erde, der Sonne nie gerade gegenüber stehen, wie der Mond, so dass die Erde zwischen der Sonne und dem Planeten steht; sondern nur entweder zwischen Sonne und Erde, diese Stellung heisst untere Conjunction, oder jenseits der Sonne in der oberen Conjunction. Bei der unteren Conjunction sieht man oft den Planeten als runden, tiefschwarzen Körper an der Sonne vorüberziehen. Dies ist eine Planetenbedeckung, geschieht es vom Monde, so ist es eine Sonnenfinsterniss. Die oberen Planeten können der Sonne gerade gegenüber stehen, wie der Mond, so dass die Erde zwischen der Sonne und dem Planeten steht. Diese Stellung des Planeten nennt man seine Opposition. Die oberen Planeten können also in Opposition und obere Conjunction mit der Sonne treten. Weil die unteren Planeten nicht in Opposition stehen, so können sie weniger beobachtet werden als die oberen, die oft in der Opposition mit hellem Glanze die ganze Nacht am Himmel stehen.

§. 225. Alle Planeten bewegen sich in elliptischen Bahnen um die Sonne. Sie haben also alle eine Sonnennähe, eine Sonnenferne und eine mittlere Entfernung. Viele Bahnen und Umlaufzeiten der Planeten sind noch nicht berechnet und sicher bestimmt. Die mittlere Entfernung der berechneten Planeten und die Zeit ihres Umlaufs um die Sonne ist folgende:

Name.	Mittlere Entfernung. Meilen.	Umlaufszeit. Tag. Stund.	Name.	Meilen. Mittlere Entfernung.	Umlaufszeit. Tag. Stund.
Merkur	8,000,000	88 —	Thalia	54,30	1554 5
Venus	14,95	224 17	Eunomia	54,67	1570 —
Erde	20,68	365 6	Fides	54,89	1574 17
Mars	31,49	687 —	Proserpina	54,80	1579 22
Flora	45,53	1193 2	Circe	55,17	1591 7
Melpomene	47,47	1270 6	Juno	55,24	1594 17
Victoria	48,28	1303 —	Lätitia	56,75	1660 7
Euterpe	48,52	1312 19	Leda	56,79	1662 7
Vesta	48,83	1325 5	Atalanta	57,01	1671 17
Urania	48,92	1329 —	Ceres	57,22	1681 —
Metis	49,33	1345 17	Pallas	57,33	1685 12
Iris	49,36	1346 19	Bellona	57,39	1688 12
Phoebe	49,65	1358 14	Polyhymnia	59,26	1771 17
Massilia	49,82	1365 22	Calliope	60,17	1812 12
Hebe	50,09	1379 10	Psyche	60,15	1825 5
Lutetia	50,36	1388 —	Leucothea	61,50	1873 —
Fortuna	50,52	1394 17	Themis	64,96	2033 5
Parthenope	50,70	1402 5	Hygiea	65,13	2041 10
Thetis	51,15	1420 17	Euphrosyne	65,27	2048 5
Amphitrite	53,02	1499 10	Jupiter	107,57	4332 14
Asträa	53,28	1510 14	Saturn	197,26	10759 —
Egeria	53,30	1510 22	Uranus	396,72	30688 17
Pomona	53,42	1516 7	Neptun	621,22	60128 —
Irene	53,46	1518 7			

§. 226. Die inneren Planeten bewegen sich fast regelmässig in Entfernungen von 8 Mill. zu 8 Millionen Meilen von einander um die Sonne. Merkur 8 Mill., Venus 15 Mill., Erde 21 Mill., Mars 32 Mill. Dann folgen die mittleren Planeten, bis jetzt (1864) 78 an der Zahl; sie kreisen in einer Entfernung von $45\frac{1}{2}$ bis $65\frac{1}{2}$ Mill. Meilen um die Sonne; also in einem Gürtel von 20 Millionen Meilen Breite bewegen sich eine noch ungenau bekannte Anzahl kleiner Planeten. Die äusseren Planeten bewegen sich wieder in fast regelmässig doppelten Entfernungen. Jupiter $107\frac{1}{2}$ Mill., Saturn $197\frac{1}{4}$ Mill., Uranus $396\frac{3}{4}$ Mill., Neptun $621\frac{1}{4}$ Mill. Meilen. Wie die Entfernungen der Planeten zu einander in einem gewissen Verhältniss stehen, so stehen auch ihre Umlaufszeiten zu einander im Verhältniss. Nehmen wir die Umlaufszeit der Erde, das Jahr, als Einheit an, so gebrauchen: Merkur $\frac{1}{4}$ Jahr, Venus $\frac{1}{2}$ Jahr, Erde 1 Jahr, Mars 2 Jahre, die Planetoiden 3—6 Jahre, Ju-

Jupiter 12 Jahre, Saturn 30 Jahre, Uranus $81\frac{1}{3}$ Jahre und Neptun 165 Jahre.

§. 227. Alle Planeten bewegen sich in derselben Richtung von Westen nach Osten um die Sonne durch den Thierkreis in der Ordnung: Widder, Stier, Zwillinge u. s. w. Die Bahnen der Planeten laufen mit der Erdbahn nicht parallel, sondern sie durchschneiden dieselbe; doch sind die Winkel der innern und äussern Planetenbahnen sehr klein, so dass diese mit der Erdbahn in fast gleicher Ebene liegen. Nur die Bahnen der mittleren Planeten, Asteroiden, bilden mit der Erdbahn grössere Winkel: Melpomene 10° , Thalia 10° , Ceres 11° , Lätitia 11° , Eunomia 12° , Juno 13° , Calliope 14° , Hebe 15° , Egeria 17° , Atalanta 19° , Phocea 22° , Euphrosyne 26° und Pallas 35° .

§. 228. Als wir im II. Abschnitt den Lauf der Planeten am Nachthimmel beobachteten, fanden wir, dass sie sich bald von Westen nach Osten, bald von Osten nach Westen bewegten und bald sogar still standen. Dieses wollen wir nun durch eine Zeichnung aus den verschiedenen Stellungen und Bewegungen der Planeten und der Erde in Bezug auf die Sonne nach dem Copernikanischen System erklären. Es sei Fig. 30 der kleinere Kreis die Bahn der Venus oder des Merkur, der grössere die der Erde und in S stehe die Sonne; beide Planeten bewegen sich nach der Richtung wie die gezeichneten Pfeile zeigen. Sie sind in Monate getheilt, so dass die Erdbahn 12 Theile, die Venusbahn dagegen 7 hat. Am 1. Januar stehe die Erde in dem mit diesem Datum bezeichneten Punkte, Venus in 1, so erscheint sie links (östlich) von der Sonne. Letztere muss, wenn die Erde fortrückt, stets östlich zu rücken scheinen, Venus ebenfalls, wenn sie still stände. Sie ist aber am 1. Februar bis zu dem Punkte 2 fortgerückt und die Richtung von der Erde zur Venus geht bedeutend nach rechts, sie ist also rückläufig. Vom 1. Februar bis zum 1. März ist die Venus von 2 nach 3 gerückt, die Erde ebenfalls, von der Erde aus gesehen, scheint die Venus ihren Stand nicht verändert zu haben, sie ist also scheinbar im Stillstande begriffen, ebenso ist sie vom 1. März bis 1. April am Himmel scheinbar nicht fortgerückt. Vom 1. April bis zu Ende des Jahres ist sie rechtläufig.

§. 229. Am 1. Januar stand Venus links von der Sonne, sie geht also später auf und unter als die Sonne, sie ist Abends nach Sonnenuntergang am westlichen Himmel sichtbar und heisst

Abendstern (Hesperus). Vom 1. Februar bis zum 1. October steht sie rechts von der Sonne, sie muss also früher unter- und aufgehen als die Sonne, man bemerkt sie am Morgenhimmel und nennt sie Morgenstern (Lucifer). Vom 1. October ist sie wieder Abendstern. Weil Merkur in 3 Monaten seinen Umlauf vollendet, so steht er der Sonne stets sehr nahe, so dass man ihn nur mit vieler Mühe in der Dämmerung der Sonne wahrnehmen kann; oft bemerkt man ihn am Morgenhimmel kurz vor Sonnenaufgang, er ist dann Morgenstern; zuweilen am Abendhimmel, kurz nach Sonnenuntergang, er ist dann Abendstern.

§. 230. Durch Fig 29 wollen wir den Lauf der oberen Planeten zu erklären suchen. Es sei E die Erde, J der Jupiter und S die Sonne, so steht Jupiter in oberer Conjunction. Einen Monat später sind Jupiter und Erde in die Punkte 1 gerückt und ersterer erscheint rechts von der Sonne, wird also in den Morgenstunden gesehen. Verbindet man die Punkte 2, 3 u. s. w. der Erd- und Jupitersbahn, so zeigt sich, dass Jupiter immer weiter rechts von der Sonne zu stehen kommt. In Bezug auf den Thierkreis ist er indess östlich gerückt, ist also rechtläufig, denn bis zur Linie 4—4 liegt jede folgende weiter links als die vorhergehende. Dagegen ist 5—5 schon parallel mit 4—4, zwischen beiden ist also scheinbarer Stillstand des Planeten und von hier ab bis zur Linie 9—9, also reichlich 4 Monate hindurch, liegt jede folgende Richtung weiter rechts (westlich), der Planet ist also in diesem Theile seiner Bahn für den Anblick der Erdbewohner rückläufig. In der Mitte dieser Periode des Rücklaufens, etwa auf der zwischen 6 und 7 zu ziehenden Linie, steht der Planet der Sonne gerade gegenüber, er wird also um Mitternacht bei uns im Meridian gesehen und steht die ganze Nacht am Himmel. Jen- seits 9—9 wird der Planet wieder rechtläufig, denn jede folgende Linie liegt weiter links, und in 13 angekommen, steht Jupiter wieder, wie in der anfänglichen Lage hinter der Sonne. Während Jupiter den Theil seiner Bahn von 1—13 zurückgelegt, hat die Erde einen Umlauf um die Sonne gemacht.

§. 231. Um uns die Bezeichnung der verschiedenen Stellungen der untern und obern Planeten zur Erde und Sonne zu verdeutlichen, diene Fig. 32. Ein oberer Planet wird durch P , ein unterer durch p , die Sonne durch S und die Erde durch E bezeichnet. FpS heisst untere Conjunction, $Ep'S$ westliche Elongation

$Ep''S$ obere Conjunction, $Ep'''S$ östliche Elongation; PES heisst Opposition, $EP'S$ westliche Quadratur, ESP'' obere Conjunction und $EP'''S$ östliche Quadratur. Stellen wir es in ein Schema zusammen nach Professor Mädler.

Lage.	Benennung.	Bezeichnung.
PES	Opposition	♂
PSE	Conjunction	♂
$>$		
E		
PS	westliche Quadratur	
PS		□
E	östliche Quadratur	
$\vee$		
EpS	untere Conjunction	♂
ESp	obere Conjunction	♂
E^pS	östliche Elongation	—
E^pS		
E^pS	westliche Elongation	—
p		

§. 232. Wie die Planeten nach ihren Entfernungen von der Sonne und Erde und nach ihren Umlaufszeiten verschieden sind, so sind sie es auch an Grösse, sowohl an wirklicher, wie an scheinbarer. An scheinbarer Grösse müssen sie verschieden sein, weil sie nicht immer in derselben Entfernung von der Erde stehen; bald sind sie auf demselben Halbbogen ihrer Bahn wie die Erde, in unterer Conjunction und Opposition und dann der Erde sehr nahe; bald befinden sie sich auf dem entgegengesetzten Halbbogen ihrer Bahn wie die Erde in oberer Conjunction und sind dann der Erde sehr fern. Die Planetoiden zwischen Mars und Jupiter sind so klein, dass sie mit blosssem Auge nicht gesehen werden können; alle übrigen, mit Ausnahme des Neptun, können mit blosssem Auge gesehen werden, nur nicht immer.

§. 233. Im Allgemeinen nimmt die wirkliche Grösse der Massen mit der Entfernung von der Sonne bis zum Jupiter zu, von da ab. Die wirklichen Grössen der Planeten sind ihrem Körperinhalte und ihrem Durchmesser nach, wenn der Körperinhalt der Erde = 1 gesetzt wird, folgende:

Name.	Körperinhalt zur Erde.	Masse zur Erde.	Durchmesser.
Merkur	0,06	0,07	671 Meilen
Venus	1,004	1,13	1717 „
Erde	1,000	1,00	1719 „
Mars	0,14	0,13	892 „
Die Asteroiden	unbekannt	unbekannt	16—150 „
Jupiter	1491,000	339,2	19,270 „
Saturn	772,000	101,6	15,769 „
Uranus	86,5	14,5	7466 „
Neptun	76,6	24,6	7300 „
Sonne	2428,304 Erden	482,23 Erden	192608 Meilen
	1,409725,000 „	355499,00 „	112 Erddurchm.

Aus dieser Zusammenstellung geht deutlich hervor, dass alle Hauptplaneten zusammengenommen viel kleiner sind als die sie bewegende Sonne. Dem Körperinhalte nach ist die Sonne ungefähr 600 mal so gross als alle Planeten, der Masse nach aber 700 mal. Dieses Verhältniss wird durch die noch unbekannte Masse der Asteroiden und der Nebenplaneten nicht wesentlich geändert, selbst wenn noch unentdeckte Planeten hinzukämen.

§. 234. Auch die Planeten drehen sich um ihre Achse; man weiss es aus der Beobachtung ihrer Flecke, die an einem Rande erscheinen und am andern verschwinden. Die Achsendrehung geschieht, wie die der Erde, von Westen nach Osten. Merkur, Venus, Erde, Mars drehen sich in ungefähr 24 Stunden; die Drehung der Asteroiden hat man noch nicht genau beobachten können, jedenfalls ist sie schneller als die der Erde; Jupiter und Saturn drehen sich in ungefähr 10 Stunden um ihre Achse, die beiden grössten Planeten haben also die schnellste Achsendrehung; die Umdrehungszeit von Uranus und Neptun kennt man noch nicht genau, vielleicht ist sie noch schneller. So dass also folgendes Gesetz vielleicht stattfindet: Je grösser die Entfernung eines Planeten von der Sonne, desto langsamer ist der Umlauf und desto rascher die Achsendrehung.

§. 235. Vier von den Hauptplaneten haben Nebenplaneten oder Monde, Trabanten, Satelliten. Die Erde 1, der Jupiter 4, der Saturn 8 und 2 oder 3 Ringe und der Uranus vielleicht 6. Die Nebenplaneten des Jupiter, Saturn und Uranus bewegen sich regelmässig um ihren Planeten, wie der Mond um die Erde, denn man sieht jeden derselben von dem Planeten ein gewisses Stück

abrücken, und vor und hinter den Planeten vorbeirücken. Die Nebenplaneten bewegen sich in verschiedenen Entfernungen um den Hauptplanet, jedoch fallen wenigstens beim Jupiter die Ebenen ihrer Bahnen sehr nahe mit der Ebene seines Aequators zusammen. Alle Nebenplaneten schwingen sich von Westen gegen Osten um die Hauptplaneten, also in der Richtung, nach welcher der Planet selbst sich umdrehet. Aus diesen Umständen lässt sich vermuthen, dass der Umlauf der Nebenplaneten mit der Umdrehung des Hauptplaneten zusammenhängt. Je grössere Entfernung der Nebenplanet von seinem Hauptplaneten hat, desto länger dauert seine Umlaufszeit. Die Umlaufzeiten der Trabanten des Jupiter und Saturn kennt man, die des Uranus noch nicht. Jeder Nebenplanet ist bedeutend kleiner als sein Hauptplanet. Die Grösse der Jupiterstrabanten kennt man, die der Saturns- und Uranustrabanten noch nicht.

§. 236. Beobachten wir die Planeten etwas genauer mit einem Fernrohr, so bemerkt man an der Venus eine Atmosphäre und hohe Gebirge; an dem Mars eine starke Abplattung, eine hohe dichte Atmosphäre und sogenannte Schneezonen, die kleiner werden, wenn der betreffende Pol der Sonne zugekehrt ist. Der Jupiter zeichnet sich durch seinen Glanz, eine Atmosphäre und viele dunkle Streifen in der Richtung des Aequators und durch eine starke Abplattung aus. Der Saturn ist besonders merkwürdig durch seine Ringe, welche ihn in der Gegend seines Aequators frei umschweben, aus einer festen Masse bestehen und Schatten werfen; ebenso merkwürdig sind die sieben Monde.

Fragen und Aufgaben zur Wiederholung.

Welche Stellungen können die unteren Planeten in Bezug auf die Erde einnehmen? Wie heissen diese Stellungen? Was ist eine Planetenbedeckung? Welche Stellungen können die oberen Planeten in Bezug zur Erde haben? Wie heissen diese Stellungen? Weshalb können die unteren Planeten nicht gut beobachtet werden? Warum kann man die oberen Planeten gut beobachten? In welchen Bahnen bewegen sich die Planeten? Was ist deshalb an ihnen zu merken? Berechne aus den mittleren Entfernungen der inneren Planeten den Umfang ihrer Bahnen, berechne ihre Geschwindigkeit und vergleiche diese mit der der Erde. Ebenso berechne die Bahnen einiger der mittleren Asteroiden. Ferner die Bahnen der äusseren Planeten, die Geschwindigkeit des Umlaufs und Vergleichung mit derjenigen der Erde.

In welcher Zeit kommen obengenannte Bewegungen zur Erde: 1) vom Merkur in unterer Conjunction; 2) von der Venus in oberer Conjunction; 3) vom Mars in oberer Conjunction und Opposition; 4) von der Juno in Opposition; 5) vom Jupiter in Opposition und oberer Conjunction; 6) vom Saturn in oberer Conjunction und Opposition; 7) vom Uranus in Opposition und oberer Conjunction; 8) vom Neptun in oberer Conjunction und Opposition. Welche Gesetzmässigkeit kann man in Bezug auf die Entfernungen und Umlaufszeiten der Planeten beobachten? In welcher Richtung und Ordnung bewegen sich alle Planeten um die Sonne und durch den Thierkreis? Wie liegen die Bahnen der inneren Planeten in Bezug zur Erdbahn? Wie die der äussern Planeten? Was beobachtet man in dieser Beziehung besonders an den mittleren Planeten? Erklärt an der Zeichnung den rechtläufigen und rückläufigen Gang eines untern Planeten. Erklärt es und weist es nach, wann Venus Abendstern und wann Morgenstern sei. Erklärt jetzt auch den rechtläufigen und rückläufigen Lauf eines oberen Planeten. Entwerft eine Zeichnung und erklärt daran alle verschiedenen Stellungen der Planeten zur Erde und Sonne und gebt deren Benennungen und Bezeichnungen an. Wenn man die Planeten nach ihrer Grösse mit einander vergleicht, was bemerkt man dann? Wie kann man diese Grösse nennen? Wie sind sie aber auch nach ihrer wirklichen Grösse? Warum sind sie wohl an scheinbarer Grösse verschieden? Welche Planeten kann man mit blossen Auge gar nicht sehen? Welche Planeten können mit blossen Auge beobachtet werden? Warum nicht immer? Welches Gesetz kann man in Bezug auf die wirkliche Grösse erkennen? Welcher ist der grösste Planet? Wenn man den Körperinhalt aller Planeten zusammenzählt, wie viel mal ist die Sonne dann grösser? Wie viel mal ist die Sonne der Masse nach grösser als alle Planeten? Welche Bewegung hat man an den Planeten ausser dem Umschwung um die Sonne wahrgenommen? Woraus schliesst man dies? In welcher Richtung drehen sie sich um ihre Achse? In wie viel Stunden drehen sich die inneren? Was weiss man von den Asteroiden noch nicht? Wie schnell drehen sich Jupiter und Saturn? Was hat man an Uranus und Neptun noch nicht beobachten können? Welches Gesetz scheint in Bezug auf die Achsendrehung der Planeten zu herrschen? Welche Planeten haben Nebenplaneten? Was kann man daran beobachten? Nennt das Merkwürdige eines jeden der grossen Hauptplaneten.

D. Die Kometen.

§. 237. Die Kometen, welche sich am Himmel in den verschiedensten Richtungen bewegen, gehen doch durch die Ebene der Erdbahn, kehren dann, wie wir von einigen mit Bestimmtheit wissen, um, und gehen im gegenüberliegenden Punkte wieder durch die Ebene der Erdbahn. Hieraus schliessen wir, dass sich diese

Kometen um die Sonne bewegen. Weil die Kometen auf ihren sehr gedehnten elliptischen Bahnen sich in der Nähe der Sonne sehr schnell bewegen, so rücken sie am Himmel schnell fort und bleiben nur kurze Zeit sichtbar. Ein Komet ist daher nur einige Tage, Wochen oder Monate zu beobachten, ist dann verschwunden und kehrt vielleicht nie wieder zurück. Sie bewegen sich in allen möglichen Richtungen durch das Sonnensystem; sind der Sonne oft sehr nahe und wieder tausende Millionen Meilen entfernt.

§. 238. Ihre Bahnen bilden langgestreckte Ellipsen von geringem oder ungeheurem Umfange; die meisten scheinen sich indessen in Parabeln und Hyperbeln zu bewegen und diese sind dann nie wieder zu erwarten, vielleicht nach Milliarden von Jahren. Die Entfernungen ihrer Bahnen von der Sonne sind sehr verschieden. Es mögen hier einige der kleinsten und grössten Entfernungen folgen. Nach der Grösse der Bahn richten sich natürlich auch ihre Umlaufszeiten; deshalb sind auch diese sehr verschieden, von wenigen Jahren bis zu Tausenden von Jahren.

Name.	Berechner.	Mittlere Entfernungen in geogr. Meilen.	Umlaufszeit.
Encke's Komet	Encke	45,914770 Meil.	3 $\frac{1}{3}$ Jahr
Biela's —	Biela	73,215444 „	6 $\frac{3}{5}$ „
Olber's —	Olbers	364,629460 „	74 „
Halley's —	Halley	371,868275 „	76 $\frac{1}{4}$ „
1817 Sept. 18	Bessel	2975,153026 „	1725 $\frac{2}{5}$ „
1769 Oct. 7	—	3380,526675 „	2089 $\frac{4}{5}$ „
1827 Sept. 11	Clüver	3921,576401 „	2611 „
1811 „ 12	Argelander	4363,971419 „	3065 $\frac{1}{2}$ „
1763 Novbr. 1	Lexell	4496,338324 „	3205 $\frac{3}{5}$ „
1825 Decb. 10	Hansen	5541,623232 „	4386 „
1822 Octb. 23	Encke	6404,283174 „	5449 „
1680 Dcbr. 17	—	8844,591174 „	8813 „
1840 März 12	Plantamour	11935,772065 „	13864 „ (unsicher)
1780 Sept. 30	Clüver	37180,349665 „	75838 „ (höchst unsicher)

§. 239. Von den vier nächsten Kometen: dem Encke'schen, Biela'schen, Olbers'schen, Halley'schen, kann nur der letzte mit blossem Auge gesehen werden. Der Encke'sche Komet geht in seiner Sonnennähe von 7 Mill. Meilen zwischen Merkur und Sonne hindurch und in seiner Sonnenferne von 84 Mill. Meilen eine Strecke über die Asteroiden hinaus. Seine Bahn ist gegen die Erdbahn

13° geneigt. Seine Bewegung rechtläufig, wie die der Planeten. Durch diesen Kometen ist man zur Annahme eines Widerstand leistenden Mittels im Weltenraum gekommen. Der Biela'sche Komet geht in seiner Sonnennähe von 18 Mill. Meilen zwischen Venus und Erde hindurch, und in seiner Sonnenferne von 127 Mill. Meilen eine Strecke über die Jupitersbahn hinaus. An diesem Kometen ist 1846 eine Theilung in zwei gesonderte Kometen beobachtet worden. Der Olbers'sche Komet bewegt sich in seiner Sonnennähe von 25 Mill. Meilen noch einmal so weit als Uranus. Seine Bahn hat gegen die Erdbahn eine Neigung von 44°. Er ist rechtläufig. Er wurde 1815 am 6. März von Olbers entdeckt und wird 1887 am 9. Febr. 10 Uhr Abends wieder sichtbar sein. Der Halley'sche Komet geht in seiner Sonnennähe von 16 Mill. Meilen zwischen Erde und Venus hindurch und in seiner Sonnenferne von 745 Mill. Meilen noch einmal so weit als Uranus hinaus. 1835 hat man an ihm eine fächerförmige Flamme beobachtet, die pendelartig sich hin und her bewegte. Er ist 1456, 1531, 1607, 1682, 1759 und 1835 gesehen worden und wird 1912 wiederkehren.

§. 240. Ueber die Zahl der Kometen lässt sich keine sichere Angabe machen. Von etwa 200 sind die Bahnen berechnet. Die Zahl der mit glaubhafter Sicherheit erschienenen mag sich auf 4—500 belaufen. Da aber die meisten Kometen so klein und nebelhaft sind, dass man sie nur mit den schärfsten Fernröhren beobachten kann, dabei aber viele Jahrtausende zu ihrem Umlauf gebrauchen und da in früheren Zeiten solche ebenfalls erschienen sind, so mag Lambert's Schätzung von 4000 keineswegs übertrieben sein. Doch dies sind nur diejenigen, welche unseren Fernröhren sichtbar bleiben können. Noch ist nicht ein einziger mit dem stärksten Fernrohr bis zur Jupitersbahn sichtbar geblieben. Wie viele mögen nun jenseits der Jupitersbahn ihre Sonnennähe erreichen und deshalb ganz unsichtbar bleiben; wie viele mögen durch trübe Nächte, Mondschein, helle, kurze Sommernächte für die Beobachtung verloren gehen, andere mögen für die nördlichen Breiten unsichtbar gewesen sein. Berücksichtigt man alles, so ist es gar nicht unwahrscheinlich, dass es Hunderttausende von Kometen in unserm Sonnensystem gebe.

§. 241. Die Kometen bestehen nicht aus einem festen, planetarischen, dunklen und undurchsichtigen Kern und einer leuch-

tenden Hülle, sondern aus einem sehr hellen stark glänzenden sternartigen Theile und nach Aussen aus einer dünnen nebligen Hülle. Dies sind die sogenannten Hüllkometen, die nur mit dem Fernrohr gesehen werden können. Die Schweifkometen bestehen ebenfalls aus einem hellen, stark glänzenden sogenannten Kern, ausserdem aber noch aus einer matten Hülle, die sich in einen Schweif verlängert, der auf der von der Sonne abgewandten Seite sich befindet und oft Millionen Meilen lang ist. Der Schweif ist gerade, fächerförmig, gebogen, flammenartig geschwungen, auch doppelt und mehrfach.

§. 242. Die Kometen bestehen weder aus einer festen, tropfbar-flüssigen noch gasförmigen Masse, sondern aus einer Substanz, die viele tausend mal feiner sein muss, als die allerdünnste Luft, denn durch den dichtesten Theil, den Kern, kann man noch das Licht der entfernten Fixsterne scheinen sehen; eben so bewirken sie keine Brechung der Lichtstrahlen, woraus man mit Sicherheit schliesst, dass es keine tropfbarflüssige oder gasförmige Masse sein kann. Ihre völlige Massenlosigkeit und Unschädlichkeit geht aber daraus hervor, dass noch nie ein Komet die geringste Spur von Anziehung oder Störung auf andere Körper ausgeübt hat. Für ganz immateriell kann man sie freilich nicht halten, denn sonst würden sie den Gesetzen der Schwere nicht folgen, nicht in Kegelschnitten um die Sonne laufen, keine Störungen von den Planeten erleiden und in der Nähe der Sonne sich nicht rascher bewegen. Die Kometen sind an sich dunkel, wie die Planeten, erhalten ihr Licht von der Sonne und glänzen deshalb in der Nähe der Sonne mit hellerem Glanze. Obgleich die Substanz der Kometen so fein ist, so kann sie doch die Sonnenstrahlen zurückwerfen. Sie bestehen allem Anscheine nach aus den feinsten und flüchtigsten, einer eigentlichen Verdichtung ganz unfähigen Stoffen, während die dichteren und schwereren Stoffe sich zu festen Kugeln geballt haben. Hieraus geht hervor, dass die Ansicht höchst unwahrscheinlich ist, die Kometen wären noch in der Bildung begriffene Planeten. Woher sollte die Bildungsmasse kommen und wodurch eine Veränderung der Bewegung eintreten? Dies wären dann einige der schwer zu lösenden Räthsel. —

Fragen und Aufgaben zur Wiederholung.

Welche Bewegung haben die Kometen? In was für Bahnen bewegen sie sich? Wie bewegen sie sich in der Sonnennähe? Wie sind

sie oft der Sonne? Wie ist der Umfang ihrer Bahnen? In welchen Bahnen bewegen sich vielleicht die meisten? Was geschieht mit denen? Wie sind die Bahnen in Bezug auf die Entfernungen von der Sonne? Was muss sich nach der Bahn richten? Berechne die Bahn von Halley's Komet und seine Geschwindigkeit, und vergleiche sie mit der Erde. Ebenso den Kometen von 1811, 1807, 1822, 1680, 1825. Wie heissen die vier nächsten Kometen? Was ist an jedem merkwürdig? Wie gross ist die Zahl der berechneten Kometen? Wie ist die wirkliche Anzahl aber? Wie viel mögen mit Sicherheit erschienen sein? Wie gross ist die Schätzung Lambert's? Bis wie weit hat man noch keinen Kometen beobachten können? Welche Gründe sprechen dafür, dass es noch viel mehr Kometen giebt? Wie hoch kann man die Zahl der zu unserm Sonnensystem gehörenden Kometen schätzen? Woraus bestehen die Kometen nicht? Was für Kometen kann man unterscheiden? Wie sind die Hüllkometen? Wie die Schweifkometen? Wodurch kann man die Hüllkometen nur auffinden? Womit kann man aber die Schweifkometen erkennen? Wie ist der Schweif in Bezug auf Grösse, Richtung und Form? Aus welcher Masse bestehen die Kometen nicht? Wie ist aber ihre Substanz? Was hat die Substanz der Kometen noch nie auf andere Weltkörper ausgeübt? Woraus kann man aber auf eine gewisse Materie der Kometen schliessen? Wie sind die Kometen in Bezug auf ihr Licht? Woher erhalten sie ihr Licht? Wie ist deshalb ihr Glanz in der Sonnennähe? Was thut die Substanz in Bezug auf das Licht? Aus welchen Stoffen scheinen die Kometen zu bestehen? Aus welchen aber die Planeten? Was folgt hieraus für die Ansicht, dass die Kometen in der Bildung begriffene Planeten sind? Welche zwei Fragen wären dann schwer zu beantworten?

VI. Kräfte und Gesetze der Bewegung.

A. Gesetze der Bewegung.

§. 243. Wir wollen nun versuchen, die Kräfte der Bewegungen im Weltraum und die Gesetze, wornach diese wirken, kennen zu lernen; denn durch das Erforschen der letzten Ursachen wird die Astronomie erst zur Wissenschaft. Ein Körper ist in Bewegung, wenn wir denselben nach und nach an verschiedenen Stellen des Raumes wahrnehmen, dies kann man aber nur in Bezug auf die ihn umgebenden Gegenstände erkennen. Ein Schiff gleitet vorbei an Thal und Hügel, der Bahnzug saust durch die Fluren — diese Körper sind in Bewegung, da sie von den nahen Gegenständen sich entfernen und den fernen sich nähern. Unbeweglich ist ein mächtiges Gebirge, die Masse eines Gebäudes,

festgewurzelt der Baum. Diesen Zustand eines Körpers und seiner Theile in stets gleicher Entfernung von den Gegenständen seiner Umgebung, nennen wir Ruhe.

§. 244. Um also eine Bewegung wahrnehmen zu können, müssen bestimmte Gegenstände an ihrem Orte bleiben; denn würden alle gleichmässig sich bewegen, so würde es scheinen, als ob Alles in Ruhe sich befände, da ihre gegenseitige Lage unverändert bleibt, wie dies uns der Anblick des gestirnten Himmels, der Gebirge, Wälder und Städte der Erdoberfläche zeigt. Eine genaue, sorgfältige Beobachtung hat uns gelehrt, dass alle Himmelskörper, ja selbst die wegen ihrer grossen Entfernung scheinbar festen Fixsterne, in steter Bewegung sind und wir können mit Sicherheit annehmen, dass auch nicht ein Theilchen des Weltalls in vollkommener Ruhe ist. Wir wissen, dass bei der täglichen Umdrehung und dem jährlichen Umlauf der Erde Wasser, Luft und Land, Gebirge und Flüsse, Wälder und Felder, Städte und Dörfer an dieser Bewegung Theil nehmen, ohne dass wir es merken. Es giebt daher keine vollkommene (absolute) Ruhe, sondern nur eine beziehungsweise (relative).

§. 245. Ein Körper, der keinen Willen hat und sich in Ruhe befindet, kann sich nicht von selbst in Bewegung setzen und ebenso kann kein willenloser Körper die ihm gegebene Bewegung ändern; er selbst kann weder seine Geschwindigkeit vermindern, noch vergrössern, noch eine andere Richtung annehmen. Daher gelten folgende Gesetze:

1. Ein ruhender Körper kann sich nicht von selbst bewegen.

2. Ein ruhender Körper bleibt so lange in Ruhe, bis er durch irgend eine Kraft in Bewegung gesetzt wird.

3. Ein in Bewegung befindlicher Körper kann nicht von selbst diesen Zustand der Bewegung ändern oder aufheben.

4. Ein bewegter Körper beharrt mit unveränderter Richtung und Geschwindigkeit in seiner Bewegung so lange, bis er durch Gegenwirkung einer Kraft oder eines Widerstandes daran verhindert wird.

§. 246. Versetzen wir einen beliebigen Körper in Bewegung, so würde derselbe nach dem dritten und vierten Gesetz die ihm ertheilte Bewegung ungeschwächt bis in's Unendliche nach Raum und Zeit fortsetzen, wie dies bei den Himmelskörpern wirklich der

Fall ist. Auf der Erde können wir eine solche Bewegung nicht hervorbringen. Schiesst man eine Kugel mit der stärksten Ladung in die Luft oder rollt sie auf einer spiegelglatten Fläche dahin, so wird dennoch ihre Bewegung allmählig langsamer werden und endlich ganz aufhören. In beiden Fällen gelangt die Kugel nicht von selbst in Ruhe, sondern es sind andere Kräfte, der Widerstand der Luft, die Unebenheit des Eises und die Anziehung der Erde.

§. 247. Bei jeder Bewegung können wir ihr Verhältniss zu Raum und Zeit, nämlich ihre Richtung und Geschwindigkeit erkennen. Die Entfernung von einem Punkte, wo die Bewegung eines Körpers beginnt, bis zu dem Punkte, wo sie aufhört, nennt man seinen Weg und die Linie, welche den Weg bezeichnet, zeigt die Richtung. Diese ist entweder eine unveränderte geradlinige oder sie ist krummlinig. Die kreisförmige Bewegung der Punkte eines um sich selbst sich drehenden Körpers, heisst Rotationsbewegung. Durch die Vergleichung der Länge des Weges mit der Zeit, in welcher er zurückgelegt wird, erhält man die Geschwindigkeit der Bewegung. Die Geschwindigkeiten sind sehr verschieden, wie dies aus den bisher angestellten Vergleichen zwischen den Bahnen der Himmelskörper und ihren Umlaufszeiten hervorgeht. Hier mögen verschiedene Massstäbe folgen:

In 1 Secunde.	Weg.	In 1 Secunde.	Weg.
Die Schnecke	1 Linie	eine Kanonenkugel	600 Fuss
Ein Schnellläufer	25 Fuss	der Schall	1080 „
Ein Rennpferd	50 „	d. Licht (n. Struve)	41520 Meilen
Der Sturmwind	124 „	d. elekt.-mag. Strom	62000 „

§. 248. Die Art der Bewegung kann gleichförmig oder ungleichförmig sein. Bei der gleichförmigen Geschwindigkeit werden in gleichen Zeittheilen, gleiche Wege zurückgelegt. Sie setzt voraus, dass der Körper von einer stetig wirkenden Kraft bewegt wird, welche genau die Hindernisse der Bewegung ausgleicht, so dass die anfängliche Geschwindigkeit unverändert fortdauert. Ungleichförmig ist die Geschwindigkeit, wenn sie bei einem in Bewegung befindlichen Körper für jedes folgende Zeittheilchen entweder zunimmt oder abnimmt; weshalb sie im ersten Fall zunehmende oder beschleunigte Geschwindigkeit, im zweiten abnehmende oder verzögerte genannt wird. Die beschleunigte Geschwindigkeit

keit entsteht, wenn auf einem bereits in Bewegung befindlichen Körper fortwährend eine Kraft in derselben Richtung und mit gleicher Stärke wirkt, so dass mit der Zeitdauer die Kraft zunimmt und die Geschwindigkeit vergrößert wird. Bei der verzögerten Geschwindigkeit wirkt dem bewegten Körper fortwährend eine Kraft entgegen, wodurch die bewegende Kraft vermindert und zuletzt aufgehoben wird.

§. 249. Hieraus folgt, dass ein Körper, der sich eine Secunde lang mit beschleunigter Geschwindigkeit bewegt, in der zweiten Secunde eine grössere Geschwindigkeit hat, als in der ersten, und in der dritten wieder eine grössere, als in der zweiten Secunde u.s.f. Wird nun an irgend einem Zeittheilchen die beschleunigende Kraft unterbrochen, so setzt der Körper seinen Weg gleichförmig mit der Geschwindigkeit fort, die er im Augenblick der Unterbrechung hatte und welche nun seine Endgeschwindigkeit genannt wird. Dagegen versteht man unter mittlerer Geschwindigkeit diejenige, welche der Körper behalten würde, wenn man sich die beschleunigende Kraft genau in der Hälfte der ganzen Bewegungszeit abgebrochen denkt. Wenn ein Körper eine Secunde lang fällt, erreicht er eine Endgeschwindigkeit von 30 Fuss, folglich ist seine mittlere Geschwindigkeit = 15 Fuss. Hätte er diese letztere Geschwindigkeit gleich anfänglich gehabt und sie gleichförmig fortgesetzt, so würde er zu dem Weg von 15 Fuss eine ganze Secunde gebraucht haben.

Fragen zur Wiederholung.

Was heisst Bewegung? Was heisst Ruhe? Welcher Unterschied ist zwischen Bewegung und Ruhe? Wie ist die Ruhe nie? Was giebt es im Weltraum gar nicht? Welche Gesetze können wir in Bezug eines ruhenden Körpers aufstellen? Welche aber auf einen bewegten Körper? Wozu ist ein willenloser Körper nicht im Stande? Was ist erforderlich, um einen Körper in Bewegung und wieder in Ruhe zu bringen? Was geschieht, wenn man einen Körper in Bewegung setzt? Wo findet man wirklich solche Bewegungen? Nach welchem Gesetz erfolgen diese? Was geschieht, wenn man eine Kugel wagerecht abschießt? Worin hat dies seine Ursache? Welche Verhältnisse kann man bei jeder Bewegung unterscheiden? Was giebt der Raum an, was die Zeit? Was heisst der Weg? Wodurch wird die Richtung bezeichnet? Welche Arten der Richtung kann man erkennen? Wodurch entsteht der Begriff der Geschwindigkeit? Was muss man mit einander vergleichen? Fertigt eine Tabelle über die Geschwindigkeiten der be-

kannten Himmelskörper an. Welche Arten von Bewegungen kann man unterscheiden? Wie viel Arten ungleichförmiger Bewegungen giebt es? Was ist eine beschleunigte Bewegung? Was ist eine verzögerte Bewegung? Wie entsteht die beschleunigte, wie die verzögerte Bewegung? Wenn man bei der beschleunigten Bewegung die Geschwindigkeit der einzelnen Zeittheile vergleicht, was bemerkt man dann? Was versteht man unter Endgeschwindigkeit? Was unter mittlerer Geschwindigkeit? An welcher Art der Bewegung kann man diese unterscheiden? Welche der beiden Geschwindigkeiten ist die grösste?

B. Kräfte und ihre Gesetze.

a. Schwerkraft.

§. 250. Untersuchen wir nun, welche Kräfte sowol auf der Erde wie im unermesslichen Weltraum die Bewegungen hervorbringen und nach welchen Gesetzen dies geschieht. Newton war der erste, der nachwies, wie die Schwerkraft nicht nur die irdischen, sondern auch die kosmischen Bewegungen erzeuge und dass die Bewegungen der entferntesten Weltkörper nach den einfachen Fallgesetzen sich richteten. Dadurch ist der Astronomie erst die Krone aufgesetzt und sie selbst erst zur Königin der Wissenschaften geworden. Die Astronomie kann, mit Hülfe ihrer älteren Schwester, der Mathematik, die Ereignisse auf Jahrhunderte und Jahrtausende hinaus auf Tag und Stunde fast genau bestimmen. Keine andere Wissenschaft ist hierzu im Stande.

§. 251. Aus der Erfahrung weiss man, dass ein in die Höhe geworfener Ball wieder zur Erde fällt, dass Regentropfen und Schneeflocken aus den Wolken herabfallen, dass Wassermassen von der Höhe eines Felsen stürzen und einen Wasserfall bilden; dass Früchte oft den Zweig, an dem sie zahlreich hängen, vom Obstbaume losreissen und mit ihm zur Erde fallen. Aus diesen Erscheinungen sehen wir, dass nicht etwa eine Zahl irdischer Körper sich von der Erde zu entfernen suchen, während andere sich ihr zu nähern streben, sondern dass sich an allen dieselbe Erscheinung zeigt. Es folgt daraus das Gesetz der Schwere:

Alle irdische Körper haben das Bestreben, sich der Erde zu nähern oder niederfallen, wenn sie von der Erde entfernt sind und sie sich selbst überlassen bleiben.

Man sagt deshalb von den irdischen Körpern, sie seien schwer und nimmt eine Ursache an, die sie nach der Erde hinzieht und

die man die Schwerkraft oder Anziehungskraft (Gravitation) der Erde genannt hat. Alle Theile der Erde üben zusammen eine anziehende Kraft aus; weil aber die Erde eine Kugel ist und ihre Theile rings um den Mittelpunkt gleichmässig vertheilt sind, äussert sie ihre Wirkung so, dass alle Körper nach dem Mittelpunkt der Erde hingezogen werden.

§. 252. Der Fall der Körper hat also seine Ursache in der Schwerkraft oder Anziehung der Erde. Diese Kraft muss aber nach gewissen Gesetzen wirken und diese Gesetze sind die Fallgesetze, welche Galiläi entdeckt und aufgestellt hat. Es sind folgende:

1. Die Fallräume der einzelnen Sekunden wachsen wie die ungeraden Zahlen; von dem Fallraume der ersten Sekunde ist der Fallraum der zweiten Sekunde das Dreifache, in der dritten das Fünffache, in der vierten das Siebenfache.

2. Die Gesamtwege wachsen wie die Quadratzahlen der Fallzeiten.

Wie ein Versuch lehrt, bewegt sich ein fallender Körper in einer Fallzeit von zwei Sekunden durch das Vierfache, in 3 Sekunden durch das Neunfache, in 4'' durch das Sechszehnfache vom Falle in der ersten Sekunde. Die Zahlen $4 = 2 \times 2$, $9 = 3 \times 3$, $16 = 4 \times 4$, 25, 36, 49, 64, 81, 100 heissen Quadratzahlen. Um den in 8 auf einander folgenden Sekunden von einem fallenden Körper zurückgelegten Gesamtweg zu finden, nimmt man die Quadratzahl von 8, welche $8 \times 8 = 64$ ist und multiplicirt damit den Fallraum der ersten Sekunde. Bei diesem freien Fall wirkt die Schwere ununterbrochen mit ihrer ganzen Kraft und bringt deshalb eine gleichmässig beschleunigte Bewegung hervor. Ein fester schwerer Körper fällt senkrecht in der ersten Sekunde 15 pariser Fuss oder $15\frac{5}{8}$ preuss. Fuss, in $2'' = 4 \times 15'$, in $3'' = 9 \times 15'$. Dies ist die mittlere Geschwindigkeit in der ersten Sekunde; die Endgeschwindigkeit ist das Doppelte. Für Berlin beträgt der Fallraum in der ersten Sekunde $31\frac{1}{4}$ rheinl. Fuss.

§. 253. Veranschaulichen wir uns die Fallgesetze noch durch eine Zeichnung. Fig. 33. In dem grossen Dreieck ist die senkrechte Seite zur Linken in gleiche Theile getheilt. I, II, III, IV, V, VI, welche gleiche Zeittheile, die auf einander folgenden Sekunden, vorstellen. Die wagerechten Querlinien von der

linken bis genau zur rechten Dreiecksseite geben uns ein Bild von der Geschwindigkeit, welche der fallende Körper am Ende der ersten, zweiten und der folgenden Sekunden erlangt. Das oberste kleine Dreieck von der Spitze bis zur ersten Querlinie würde dann den Fallraum der ersten Sekunde, das Dreieck von der Spitze bis zur zweiten Querlinie den Fallraum von zwei Sekunden darstellen. Nimmt man aus diesem zweiten, viermal so grossen Dreieck das erste hinweg, so bleibt ein Viereck, das dreimal so gross ist und den Fallraum der zweiten Sekunde bildet. Betrachtet man das obere, erste Dreieck, so gehen die Dreiecksseiten zur Linken und Rechten immer weiter auseinander und zeigen uns, wie die Fallgeschwindigkeit fortwährend sich verändert und zunimmt, von dem Zustand der Ruhe aus gleichmässig wachsend, ist sie am Ende der ersten Sekunde doppelt so gross als in der Mitte dieser Zeit. Was an der mittleren Geschwindigkeit vor der Mitte der Sekunde fehlt, gerade so viel Ueberschuss kommt nachher noch hinzu. Darum lässt sich der Fallraum auch durch ein Viereck versinnlichen, das genau so gross ist wie das obere, erste Dreieck, in welchem die wagerechte Ausdehnung, die die mittlere Geschwindigkeit bedeutet, sich stets gleich bleibt. Die mittlere Geschwindigkeit der ersten Sekunde des Fallens beträgt 15', die Endgeschwindigkeit das Doppelte, 30'. Diese Geschwindigkeit von 30' bringt der fallende Körper beim Beginn der zweiten Sekunde mit und würde, wenn sie unverändert bliebe, schon nach dem Beharrungsgesetze zwei dem ersten gleiche Fallstrecken durchlaufen; dazu kommt eine neue Wirkung der Schwerkraft, die ausserdem ihn durch eine Fallstrecke treibt, wie sie es in der ersten Sekunde gethan. Wie der fallende Körper aus der ersten Sekunde die doppelte, aus der zweiten die vierfache, so bringt er aus der vierten Sekunde in die fünfte die achtfache Geschwindigkeit 8×15 Fuss mit; deshalb würde er in der fünften Sekunde nach dem Beharrungsgesetz 8×15 Fuss zurücklegen, und die Schwerkraft fügt als neue Wirkung noch 1×15 Fuss hinzu. Um ihn durch den Gesamtweg von 5 Sekunden zu bewegen, hat die Schwere mit Hülfe des Beharrungsgesetzes die Geschwindigkeit von der Ruhe aus bis zur Endgeschwindigkeit der fünften Sekunde 10×15 Fuss regelmässig gesteigert; die mittlere Geschwindigkeit dieser Fallzeit beträgt, wie auch die Zeichnung zeigt, die Hälfte 5×15 Fuss. Bewegt sich

aber der Körper mit derselben gleichmässig 5 Sekunden lang, so durchläuft er $5 \times 5 = 25 \times 15$ Fuss. Die Quadratzahl der Fallzeit ist folglich deshalb zu nehmen, weil sowol die mittlere Geschwindigkeit auf dem Gesamtwege, als auch die dazu verwendete Fallzeit in Rechnung kommen muss.

§. 254. Die Schwere ist die Anziehung zwischen der Erde und den auf ihr befindlichen Körpern; aber diese Anziehung besteht nicht blos zwischen der Erde und den ihr unmittelbar angehörenden Körpern, sondern auch zwischen der Erde und den weit von ihr entfernten Weltkörpern Sonne, Mond, Planeten und Kometen, ja zwischen den in ungeheurer Entfernung von einander befindlichen Weltkörpern; diese Anziehung entfernter Weltkörper auf einander nennt man Gravitation. Suchen wir nun die Gesetze auf. Die Gravitation ist also die gegenseitige Anziehung verschiedener Weltkörper; ihre Stärke verhält sich wie die Entfernung und die Masse der sich anziehenden Körper.

§. 255. Denken wir uns die beiden Körper *a* und *b* Fig. 34., welche einander vollkommen gleich sind und daher sich gegenseitig gleich stark anziehen; so ist es klar, dass beide Massen, ihrer Anziehung folgend, sich mit gleicher Geschwindigkeit einander nähern, bis sie an dem Punkte *m* sich berühren, der genau die Mitte der ursprünglichen Entfernung ist. Wenn jedoch, wie in Fig. 35, der Körper *b* noch einmal so gross als *a* ist, so wird die Anziehung, die *b* auf *a* ausübt, auch noch einmal so gross sein, als die von *a* auf *b* wirkende, und indem beide sich einander nähern, hat *a* die doppelte Geschwindigkeit von *b* und legt folglich einen zweimal so grossen Weg zurück. Beide müssen sich daher in dem Punkte *d* berühren, der in ein Drittel der ganzen Entfernung liegt. Wie man sieht, hat der kleinere Körper den grösseren Weg zurückzulegen und dies tritt noch auffallender hervor, wenn der Unterschied der Körper noch grösser angenommen wird, wie bei Fig. 35, wo $a = 1$ und $b = 100$ sein soll. Hier wird die Bewegung von *b* so klein, dass es scheinbar ganz in Ruhe bleibt, während der kleine Körper *a* mit grosser Geschwindigkeit sich zu dem Grossen hinbewegt. Da nun die grössten irdischen Körper im Verhältniss zur Erde verschwindend klein sind, so ist klar, dass alles von der Erde angezogen wird, ohne sich von ihr entfernen zu können.

§. 256. Jeder Körper an der Erdoberfläche befindet sich von dem Mittelpunkt der Anziehung in einer Entfernung, die gleich ist dem Halbmesser der Erde r Fig. 36. und wird hier mit einer Stärke von 15 par. Fuss in der Sekunde angezogen. In grösserer Entfernung von der Erde kann die Anziehung nicht mehr dieselbe sein, sondern sie wird um so schwächer, je weiter wir uns von dem Mittelpunkt der Erde entfernen. Diese Abnahme der Schwere findet nach einem besonderen Gesetze statt, welches sich so ausdrücken lässt: Es werde die Stärke der Schwerkraft in der Entfernung vom Mittelpunkt der Erde durch den Fallraum von 15 pariser Fuss bezeichnet, so ist in $2 = \frac{1}{4}$, in $3 = \frac{1}{9}$, in $4 = \frac{1}{16}$ u. s. w. Wir können daher in jeder Entfernung die Grösse der Schwerkraft durch einen Bruch bezeichnen, dessen Zähler 15 ist und dessen Nenner man durch Multiplication der Entfernung mit sich erhält, oder kürzer ausgedrückt: Die Schwere nimmt ab im Verhältniss des Quadrates der Entfernung. Daher ist die Anziehung, welche die Erde auf Sonne, Mond, Planeten und Kometen ausübt, nicht so stark, als die auf irdische Körper ausgeübte.

§. 257. Eine Kugel oder Scheibe von Metall, welche an einem Faden befestigt und aufgehängt ist, heisst ein Pendel. Die Kugel wird dem Faden die lothrechte oder vertikale Richtung geben und wird im ruhenden Zustande ein Loth bilden. Bringt man das Pendel aus der senkrechten Lage Fig. 37, so dass etwa die Kugel bei b sich befindet, und überlässt sie dann sich selbst, so fällt sie, von der Schwerkraft hinabgezogen, bis zu dem Punkte l und durchläuft einen Bogen mit zunehmender Geschwindigkeit. Gelangt sie in die senkrechte Stellung, so hat sie ihre grösste Geschwindigkeit erreicht. Nach dem Beharrungsgesetz kann sie dieselbe nun nicht plötzlich verlieren, sondern sie steigt mit abnehmender Geschwindigkeit auf der entgegengesetzten Seite bis a , welches um ein Unmerkliches niedriger liegt als b , weil etwas von der Kraft aufgehoben ist, um den Faden zu biegen und den Widerstand der Luft zu überwinden. Bei a angekommen ergreift die Schwerkraft sie von neuem, um sie in die lothrechte Lage zu ziehen und sie fällt wieder. Allein nach dem Beharrungsgesetz steigt sie auf der andern Seite, ohne jedoch genau wieder die Höhe von b zu erreichen. Vermöge der Schwerkraft und des Beharrungsgesetzes dauern in dieser Weise die Bewegungen, welche man die Schwingungen des Pendels nennt,

fort, indem jede folgende durch Reibung und Luftwiderstand unmerklich kleiner wird als die vorhergehende, bis das Pendel endlich in Ruhe gelangt.

§. 258. Die Dauer einer Schwingung rechnet man vom Anfang des Fallens bis zum Ende des Steigens, jeder Her- und jeder Hingang bildet eine Schwingung. Der von dem Pendel durchlaufene Kreisbogen heisst Schwingungsbogen. Ein Versuch lehrt, dass die Schwingungsbogen immer kleiner werden; aber die Zahl der Schwingungen in einer Minute wird genau eben so gross sein. Ein und dasselbe Pendel macht demnach in derselben Zeit stets dieselbe Anzahl Schwingungen, obwol die Schwingungsbogen kleiner werden. Ebenso werden die Schwingungen zweier gleich langer Pendel in durchaus gleicher Zeit vor sich gehen, ohne sich nach den Schwingungsbogen zu richten, wenn diese nicht allzu gross sind. Sind die Pendel aber von ungleicher Länge, so ist ihre Schwingungszeit verschieden und zwar schwingt das kürzere schneller als das längere, weil das kürzere einen kleineren Bogen beschreibt als das längere. Ein Pendel von vierfacher Länge gebraucht die doppelte Zeit als das von einfacher Länge und so fort stets nach der Quadratzahl der Länge.

§. 259. Ein Pendel von 3' 24" Länge macht in Deutschland in jeder Minute 60 Schwingungen, gebraucht also zu jeder Schwingung eine Sekunde und heisst Sekundenpendel. Nach dem Vorhergehenden kann man schliessen, dass das Sekundenpendel eine ganz bestimmte Länge haben muss; denn wäre es länger, so würde es weniger, wäre es kürzer, so würde es mehr als 60 Schwingungen in der Minute machen. Da die Bewegung des Pendels durch die Schwerkraft hervorgebracht wird, so kann ein Sekundenpendel als ein Mass der Schwerkraft dienen. Ist die Schwerkraft an allen Stellen der Erdoberfläche gleich, so muss sie einem und demselben Sekundenpendel in den verschiedensten Ländern stets in einer Sekunde durch seinen Schwingungsbogen treiben. Viele Beobachtungen haben uns gelehrt, dass unser Sekundenpendel in der Nähe des Aequators weniger, in der Nähe der Pole mehr als 60 Schwingungen in der Minute macht, oder dass es am Aequator langsamer, nach den Polen zu schneller schwingt. Daraus folgt, dass ein und derselbe Körper am Aequator von der Schwerkraft weniger

stark angezogen wird und einen geringern Druck ausübt, also leichter ist als an den Polen, und dass das Sekundenpendel am Aequator kürzer, an den Polen länger als unser sein muss. So ist das Sekundenpendel von Paris $3' 23,9''$, also kürzer als das vom mittleren Deutschland, weil Paris $48^{\circ} 50''$ n. Br. hat und also über 1° südlicher liegt als das mittlere Deutschland.

1. Unter dem Aequator ist das Sekundenpendel $3' 22,5''$ lang;
2. in Paris $48^{\circ} 50''$ n. Br. „ „ „ $3' 23,9''$ „
3. in Leiden $52^{\circ} 9'$ „ „ „ $3' 24''$ „
4. in Berlin $52^{\circ} 30'$ „ „ „ $3' 24,2''$ „
5. in Pello in Lappland $66^{\circ} 48''$ n. Br. „ „ „ $3' 24,6''$ „

§. 260. Da nun die Schwerkraft desto geringer sein muss, je weiter man sich vom Mittelpunkt der Erde entfernt, und da sie den Pendelbeobachtungen zufolge am Aequator geringer ist, so ist zu schliessen, dass jeder Punkt des Aequators vom Mittelpunkt der Erde weiter entfernt sein muss, als ein Punkt in der Nähe der Pole. Daraus geht also hervor, dass die Erde keine vollkommene Kugel sein kann, sondern dass sie an den Polen etwas abgeplattet ist; so dass die Erdachse kürzer ist, als ein Durchmesser des Aequators, wie dies §. 142 schon angenommen ist. Ausserdem kommt in Betracht, dass die Schwerkraft §. 147 in der Nähe des Aequators am grössten ist und der Schwerkraft entgegen wirkt. Fig. 38.

§. 261. So haben wir über die Pendelschwingungen also folgende Gesetze gefunden, die von Galiläi zuerst entdeckt und erkannt sind:

1. Die einzelnen kleineren Schwingungen eines und desselben Pendels haben stets gleiche Zeitdauer; doch darf der Schwingungsbogen nicht über 5° betragen.
2. Zwei Pendel gleicher Länge machen in ein und derselben Zeit eine gleiche Anzahl Schwingungen.
3. Zwei Pendel von ungleicher Länge machen in ein und derselben Zeit eine ungleiche Anzahl Schwingungen, und zwar macht das längere weniger als das kürzere.
4. Ein Pendel von vierfacher Länge gebraucht die doppelte; von neunfacher, die dreifache; von sechszehnfacher, die vierfache Zeit zu jeder Schwingung. Also: Die Quadratzahl der Länge giebt die Zeit, oder die Zeit im Quadrat giebt die Länge.

5. Ein und dasselbe Pendel macht überall, wo die Schwere in derselben Weise und Stärke wirkt, in einer bestimmten Zeit die gleiche Anzahl Schwingungen.

Könnten wir dasselbe Pendel, welches auf der Erde in einer bestimmten Zeit eine gewisse Anzahl Schwingungen macht, auf den Mond, die Sonne oder die Planeten bringen und dort beobachten, so würde es auf dem Mond, dem Merkur, dem Mars und den Asteroiden weniger, auf der Sonne, dem Jupiter, Saturn, Uranus und Neptun viel mehr und auf der Venus eben so viel Schwingungen machen; weil die ersteren eine geringere, die letzteren Weltkörper aber eine stärkere Anziehung ausüben als die Erde.

Fragen und Aufgaben zur Wiederholung.

Wer stellte zuerst eine Ansicht auf über die Kräfte, die im Weltall wirkten? Welche Kraft nahm er als solche an? Wozu erhob er dadurch die Astronomie? Was beobachtet man, wenn man im freien Luftraum einen irdischen Körper sich selbst überlässt? Welches Gesetz kann man hieraus erkennen? Wie nennt man dies Bestreben? Was nimmt man als Ursache an? Wo hat diese Schwerkraft ihren Sitz? Wonach muss diese Kraft wirken? Wie nennt man diese Gesetze? Wer hat sie entdeckt? Wie lauten sie? Was für eine Bewegung ist der freie Fall? Wie viel preussische Fuss fällt ein Körper in 1, 2, 4, 8, 3, 5, 7, 9, 6, 10, 12, 11 Sekunden? Wie gross ist die Endgeschwindigkeit in der ersten Sekunde? Beweist die Fallgesetze an einer Zeichnung! Bemerkt man die Anziehung nur zwischen der Erde und den irdischen Körpern? Zwischen welchen andern Körpern zeigt sie sich auch? Wie heisst die Anziehung zwischen entfernten Weltkörpern? Wie verhält sich ihre Stärke und in welcher Weise nimmt sie ab und zu? Was üben gleich grosse Massen auf einander aus? Wie wird die Anziehung aber, wenn sich die Massen $= 1 : 2, 3, 4, 5, 6, 7, \dots 100$ verhalten? Nach welchem Gesetz nimmt die Anziehung mit der Entfernung ab? Berechne die Zeitdauer, welche die Planeten und Kometen gebrauchen würden, um in ihren mittleren Entfernungen mit der Geschwindigkeit des freien irdischen Falles, auf die Sonne zu fallen. Was ist ein Pendel? Nach welchem Gesetz geschieht die Bewegung des Pendels? Was nennt man Schwingungen des Pendels? Wie werden nach und nach die Schwingungsbogen? Wie ist aber die Dauer der einzelnen Schwingungen? Wie schwingen zwei gleich lange Pendel? Wie zwei ungleich lange? Wie schwingt das kürzere, wie das längere? Aus welchem Grunde? Nach welchem Gesetz richtet sich die Zeitdauer? Was ist ein Sekundenpendel? Wie lang muss es in Deutschland sein? Als was kann es gebraucht werden? Zu welchem Mass kann man es aber nur gebrauchen? Was

hat man nun durch das Sekundenpendel gefunden? Was kann man in Bezug der Schwerkraft der Erde daraus schliessen? Wie lang ist das Sekundenpendel unter dem Aequator, in mittleren Gegenden, an den Polen? Wie muss die Erde sein? Was wirkt der Schwerkraft entgegen? Welche Pendelgesetze können wir erkennen? Nennt die Planeten, wo das Sekundenpendel ungefähr eben so schnell wie auf der Erde schwingen würde. Nennt nun auch die Planeten, wo es rascher, und diejenigen, wo es langsamer als auf der Erde schwingt.

b. Die Schwerkraft und Tangentialkraft.

§. 262. Wenn zwei oder mehrere Kräfte, die sich nicht das Gleichgewicht halten, auf einen Körper wirken, so muss der Körper eine Bewegung erhalten; doch kann ein Körper immer nur nach einer einzigen Richtung bewegt werden, wenn auch noch so viele Kräfte auf ihn wirken. Denken wir uns, auf einen Körper wirken zwei Kräfte ein. Er wird dann weder in der Richtung der einen, noch in der der andern Kraft fortbewegt, sondern in einer zwischen diesen beiden liegenden Richtung. Man nennt dies eine zusammengesetzte Bewegung, und die Linie, welche ihre Richtung bezeichnet, die Mittlere oder Resultirende.

§. 263. Die Mittlere zweier Kräfte lässt sich leicht finden. In Fig. 39 wirken gleichzeitig auf den Punkt a zwei Kräfte nach den Richtungen ax und ay . Die Entfernung ab und ac sollen die Wege bezeichnen, welche der Körper unter dem Einfluss jeder einzelnen Kraft zurückgelegt haben würde. Von den Endpunkten c und b ziehe man die Linien cr und br parallel mit den Richtungen der Kräfte. Die Linie von dem Punkte r , wo sie sich schneiden, nach a ist die Mittlere der Kräfte ab und ac und bezeichnet nicht allein die Richtung, sondern auch die Länge des Weges, welchen der Körper unter ihrem Einfluss zurücklegt. Wie man sieht, wird stets mit den gegebenen Linien, durch welche die Kräfte vorgestellt werden, ein Parallelogramm gezeichnet, dessen Diagonale die Mittlere ist, daher es auch das Parallelogramm der Kräfte heisst.

§. 264. Der Punkt, welchen ein Körper unter dem Einfluss zweier Kräfte erreicht, lässt sich auch finden, wenn man die Zeit, in der sie wirken, in zwei gleiche Theile theilt und annimmt, dass in der ersten Hälfte ausschliesslich die eine Kraft und in der zweiten Hälfte nur die andere Kraft wirke. Man wird leicht einsehen, dass eine jede gegebene Kraft ersetzt oder zerlegt werden kann, indem statt derselben zwei andere Kräfte in geeigneter

Weise wirken. Denn wie nach Fig. 39 für die beiden Kräfte ca und ba deren Mittlere ra gesetzt werden kann, so muss umgekehrt, wenn die Kraft ra gegeben wäre, ihre Wirkung durch die beiden Kräfte ca und ba ersetzt werden können.

§. 265. Aus dem Zusammenwirken mehrerer Kräfte auf einen Körper entstehen in der Regel krummlinige Bewegungen. So wirken auf einen Körper, dem in wagerechter Richtung eine gewisse Geschwindigkeit ertheilt wurde, zu gleicher Zeit die Kraft, welche ihn *wagerecht* fortbewegt und die *Schwere*, welche ihn *senkrecht* zur Erde zieht. Der hieraus resultirende Weg ist gekrümmt und je nach dem Verhältniss, in welchem beide Kräfte zu einander stehen, mehr oder weniger von der wagerechten Richtung abweichend. Ein Schütze, der weithin sein Ziel treffen will, muss wegen der Senkung, welche die Kugel durch die Schwere erleidet, seinen Schuss etwas höher als auf das Ziel richten.

§. 266. Ertheilt man der an einem Faden senkrecht hängenden Kugel m Fig. 40 einen wagerechten Stoss, so würde sie sich wagerecht fortbewegen, wenn sie nicht durch den Faden festgehalten und nach dem Punkte c hingezogen würde. Der Faden wirkt gleichsam wie eine anziehende Kraft, die an dem Aufhängepunkt ihren Sitz hat. Von der wagerechten Kraft seitwärts getrieben und von dem Faden fortwährend gezwungen ihre Richtung zu ändern, macht die Kugel eine resultirende kreisförmige Bewegung um den Aufhängepunkt als Mittelpunkt oder Centrum. Die Ursache einer jeden Kreisbewegung sind also zwei Kräfte, welche *Centralkräfte* heissen. Der ursprüngliche Anstoss von der Seite her und die vom Mittelpunkt der Bahn aus wirkende *Anziehungskraft*. Die beständig nach dem Mittelpunkt c ziehende Kraft, die *Schwerkraft* heisst auch *Centripetalkraft*. Die von der Seite her anstossende Kraft muss stets in der Richtung irgend einer den Kreis in einem Punkt berührenden Linie gewirkt haben und wird, weil die Berührungslinien des Kreises *Tangenten* heissen, *Tangentialkraft* genannt.

§. 267. Weil die Tangenten mit dem Halbmesser des Kreises stets einen rechten Winkel bildet, so muss also die Tangentialkraft rechtwinklig auf die Centripetalkraft wirken; es ist nun natürlich, dass der Weg, den ein Körper unter dem Einfluss dieser beiden Kräfte erhält, abhängig sein muss von dem gegenseitigen Verhältniss derselben. Bei der kreisförmigen Bewegung

findet das folgende Verhältniss statt: Die Tangentialgeschwindigkeit $\times$ der Weg, mit sich selbst multiplicirt = das Quadrat, muss gleich sein dem Halbmesser des Kreises multiplicirt mit der Centralgeschwindigkeit. Wäre das erste Product grösser als das zweite, so würde die entstehende krumme Linie kein Kreis, sondern eine Ellipse sein; wäre das erste genau noch einmal so gross als das zweite, so entsteht eine Parabel und wäre das erste noch grösser, so erhält man eine Hyperbel. Diese Linien nennt man Kegelschnitte, weil man sie an einem Kegel zeigen kann, wenn man ihn nach bestimmten Gesetzen durchschneidet.

§. 268. Die Bahnen aller Himmelskörper bieten uns die grossartigsten Beispiele solcher Bewegungen dar. So wirken beispielsweise auf den Mond in jedem Augenblicke gleichzeitig zwei Kräfte, nämlich die Anziehung der Erde, und eine rechtwinklig auf deren Richtung wirkende Kraft, die ihn in einer Minute ungefähr 200,000' genauer 198451' fortreibt. Wirkte in derselben Zeit die Anziehung der Erde allein, so würde der Mond 15' während einer Minute in senkrechter Richtung nach der Erde hin fallen. Aus beiden Kräften dagegen ergiebt sich als resultirende Bewegung, seine elliptische Bahn. Ebenso wirken auf die Erde zwei Kräfte, die Anziehung durch die Sonne und die Tangentialkraft, wodurch sie auf ihrer Bahn sich fortbewegt.

§. 269. Wenn man die an einem Faden gehaltene Kugel in Fig. 40 in lebhafte Kreisbewegung um den Mittelpunkt *c* versetzt und dann plötzlich den Faden loslässt, so entfernt sich die Kugel von dem Mittelpunkte der Umschwingung. Die Richtung, welche die Kugel nimmt, wird durch eine Linie bezeichnet, die senkrecht ist zur Richtung des Fadens in dem Augenblick, wo man ihn loslässt. Befindet sich die Kugel z. B. beim Loslassen gerade an dem Punkte *m*, so fliegt sie in der Richtung *mx* weiter. Es offenbart sich also hier die Tangentialkraft, die das Bestreben zeigt, den von ihr bewegten Körper in der Richtung der Tangente von dem Mittelpunkt zu entfernen. Diese Wirkungsweise der Tangentialkraft hat man unnöthiger Weise mit einem besondern Namen Centrifugalkraft, Fliehkraft oder Schwungkraft genannt.

§. 270. Die Geschwindigkeit der entfliehenden Kugel ist um so grösser, je grösser die Geschwindigkeit war, mit der sie um den

festen Punkt geschwungen wurde. Bei rotirenden Körpern beschreiben alle Theilchen, die nicht in der Achse liegen, Kreise um dieselbe und erhalten dadurch das Bestreben, sich von der Achse zu entfernen. Da bei einer solchen Umdrehung alle Theilchen gleichzeitig ihren Weg um die Achse zurücklegen, so müssen die von derselben entfernteren eine grössere Geschwindigkeit, folglich auch ein grösseres Centrifugalbestreben haben, als die der Achse näher liegenden. Die Erde und alle Himmelskörper sind solche rotirende Körper. Aus dem Vorhergehenden folgt, dass Theile der Erde, die am Aequator liegen, eine grosse Schwungkraft haben müssen, während dieselbe geringer wird für solche Theile, die den Polen näher liegen.

§. 271. Die Wirkung der Fliehkraft kann sich nur dann äussern, wenn sie grösser ist als der Zusammenhang des rotirenden Körpers, also vorzüglich bei solchen, deren Masse weich ist. Wenn ein sich drehender Körper seine Gestalt verändern kann, so muss er eine abgeplattete Gestalt annehmen. Die Wissenschaft hat bewiesen, dass die Erde im Urzustande eine feurig weiche Masse gewesen ist. Ehe die Erde in den festen Zustand übergang, muss ihre Achsendrehung ihr eine abgeplattete Gestalt gegeben haben und ihre Achse deshalb kürzer sein, als der Durchmesser des Aequators.

Fragen zur Wiederholung.

Wenn auf einen Körper zwei Kräfte in verschiedener Richtung, aber nicht entgegengesetzt wirken, nach welcher wird der Körper sich dann bewegen? Wie nennt man solche Bewegung? Wie heisst die Richtung? Auf welche Weise kann man die Mittlere zweier Kräfte finden? Was ist das Parallelogramm der Kräfte? Was ist die Mittlere darin? Wie lässt sich ferner die Mittlere finden? Wodurch kann jede gegebene Kraft ersetzt und zerlegt werden? Was entsteht in der Regel, wenn mehrere Kräfte auf einen Körper wirken? Welche Kräfte wirken auf eine in wagerechter Richtung abgeschossene Kugel? Durch welche Kräfte entsteht eine Kreisbewegung? Wie heissen diese Kräfte? Wie heisst die anziehende? Wie die anstossende Kraft? Unter welchem Winkel wirken beide Kräfte auf einander? Warum? Welches Verhältniss der Kräfte findet bei der kreisförmigen Bewegung statt? Welches bei der Ellipse, Parabel und Hyperbel? Wie nennt man diese Linien? Warum? In welchen Bahnen bewegen sich alle Himmelskörper? Durch welche Kräfte also? Was wird wieder an der kreisförmigen Bewegung offenbar, wenn die anziehende Kraft plötzlich aufhört? Wie hat man deshalb die Tangentialkraft genannt? In wel-

chem Verhältniss steht die Geschwindigkeit der Tangentialkraft zu dem geschwungenen Körper? Was machen alle Theilchen eines rotirenden Körpers? Was lässt sich an den entfernteren Theilchen eines rotirenden Körpers beobachten? Wann kann sich die Wirkung der Tangentialkraft am besten äussern? Wie ist die Erde früher gewesen? Worin hat daher die Abplattung ihre Ursache?

C. Die Kepler'schen Gesetze.

§. 272. Befindet sich unter den beiden Bewegungen, die sich zu einer einzigen zusammensetzen, eine an Geschwindigkeit zunehmende, während die andere eine gleichmässige Geschwindigkeit behält, so kann die zusammengesetzte Bewegung offenbar keine gerade Linie bilden, sondern es entsteht eine kreisförmige Linie oder Curve, von grösserem oder kleinerem Halbmesser, gleichmässiger oder ungleichmässiger Krümmung, je nach der Richtung und dem Verhältniss der beiden Bewegungen. Dieser Fall findet nun bei den Bahnen aller Weltkörper statt, wo eine ursprüngliche Bewegung, ähnlich derjenigen, welche ein Körper durch einen einmaligen Stoss oder Schwung erhalten würde, sich zusammensetzt mit einer, die von einer fortwährenden Kraft (der Schwerkraft) erzeugt wird.

§. 273. Es sei *ab* Fig. 41, die eine der ursprünglichen Bewegungen eines Körpers, vom Punkte *a* anfangend und in gleichen Zeiten gleiche Räume *a 1*, *1* und *2*, *2* und *3*, *3* u. s. w. beschreibend. Die andere der beiden Bewegungen befolge dagegen das Gesetz des freien Falles, wie er durch eine von *a* nach *c* hin wirkende Gravitation erzeugt werden würde, sie sei also ungleichförmig und wachsend, so dass ein Körper in den gleichen auf einander folgenden Zeiträumen die Punkte *1*, *2*, *3*, *4* u. s. w. auf *ac* einnehmen würde, wenn die Gravitation allein wirkte. Die Zusammensetzung beider Bewegungen wird ihn folglich am Ende des ersten Zeitraums nach *I*, am Ende des zweiten nach *II* u. s. w. führen. Die Punkte *O*, *I*, *II*, *III*, ... *VII* gehören aber keineswegs einer gebrochenen Linie an, denn dies würde voraussetzen, dass die Bewegung auf *ac* innerhalb jedes der einzelnen Räume gleichförmig gewesen und nur in den genannten Punkten gleichsam stossweise gewachsen sei, sondern da die Geschwindigkeit in beständiger Zunahme ist, so muss sich auch die Richtung der durch die Punkte *I*, *II*, *III* ... gezogenen Linie beständig ändern, sie wird folglich eine Curve sein.

§. 274. Die Richtung der Kraft, welche den Körper freifallend von a nach c führen würde, kann aber bei der zusammengesetzten Bewegung nicht dieselbe bleiben, wenn der Punkt, gegen welchen der Fall gerichtet ist, nicht in unendlicher Entfernung von a liegt, vielmehr werden diese Richtungen mit einander convergiren und mit den Radienvectoren (Leitstrahlen in der Bahn) zusammenfallen. Will man daher die Gestalt der Curve, welche durch Zusammensetzung der Bewegungen entsteht, näher betrachten, so werden diese Verhältnisse zu berücksichtigen sein.

§. 275. Es sei ein Körper Fig. 42. in a , der innerhalb einer Zeiteinheit vermöge der ursprünglich gleichförmigen (Tangential-) Bewegung von a nach b in einer auf as normalen Richtung sich bewegen würde, s der Punkt, in welchem die anziehende Kraft ihren Sitz hat und $an = bb'$ die Grösse, um welche der Körper in der Zeiteinheit gegen s hin freifallend sich bewegen würde, so wird ab' die zusammengesetzte, von ihm wirklich beschriebene Curve sein. Hier angekommen, wird er sich mit der erlangten Geschwindigkeit nach c zu bewegen streben, die fortwährende Wirkung der Schwerkraft aber versetzt ihn statt dessen nach c' . So geht es weiter fort und der Körper wird nach und nach die Punkte d' , e' einnehmen.

§. 276. Ist ab , wie oben angenommen, normal auf as , und ist $an = sb - sa$, so dass $sb' = sa$ wird, so hat sich die Entfernung des Körpers von s nicht geändert, eben so ist seine Geschwindigkeit gleich geblieben und er beschreibt also in der nächsten Zeiteinheit eine aus $b'c$ und cc' zusammengesetzte Curve $b'c'$, welche, da $bc' = ab$ und $cc' = bb'$, der vorhin beschriebene ab' gleich sein wird. Man sieht leicht, dass unter den vorstehenden Annahmen dies so fortgeht, und dass die Curve $ab'c'd'e'$ ein mit gleichförmiger Geschwindigkeit um s als Mittelpunkt beschriebener Kreis sein wird.

§. 277. Allein beide obige Annahmen finden nicht nothwendig statt, ab kann gar wol einen schiefen Winkel mit as machen, und wenn dies auch in irgend einem Punkte nicht stattfände, so könnte gleichwol an grösser oder kleiner als $sb - sa$ sein. Ist $an > sb - sa$, so wird $sb' < sa$, der Körper hat sich also auf seinem Wege dem Punkte s genähert und er wird stärker als vorhin angezogen, wodurch er sich ihm bei fortgesetzter Bewegung noch mehr nähern muss. Es entsteht eine Spirallinie und der Körper

wird sich endlich auf seinen Centalkörper stürzen. Ist dagegen $an < sb - sa$, so ist auch $sb' > sa$, der Lauf des Körpers hat ihn also von s entfernt und die Wirkung der Schwerkraft wird in Folge dessen schwächer werden, so dass sie zuletzt gar nicht mehr wirken kann und die Tangentialkraft allein sich wirksam zeigt. Es entsteht eine Hyperbel. Man sieht leicht, dass in beiden Fällen kein Kreis entstehen kann, da dieser ein Gleichgewicht zwischen beiden Bewegungen, wie es in der Bedingung $an = sb - sa$ ausgesprochen ist, voraussetzt.

§. 278. Betrachten wir den letzten Fall noch etwas näher. Ein Körper a Fig. 43. werde durch die Tangentialbewegung nach ab , durch die Schwerkraft nach an geführt und es sei $an < sb - sa$, so wird b näher an s liegen als a , und er wird nun nach der Tangente $b'c$ fortstrebend, durch die Schwerkraft nach c' geführt. Das Stück cc' ist grösser als bb' da c' näher an s liegt als b' . Ebenso wird d' näher an s liegen als c' und dd' wird abermals gegen cc' gewachsen sein u. s. w. — Allein man sieht leicht, dass die Zunahme der Anziehung nicht die einzige Folge des mangelnden Gleichgewichts ist, dass vielmehr auch $b'c > ab$, $c'd > b'c$ u. s. w. sein müssen. Da nämlich die Tangenten, wenn die Curve kein Kreis ist, nicht mehr rechtwinklig auf den Radienvectoren stehen, sobald Zu- oder Abnahme der Entfernung eintritt, so stehen die Bögen $b'c'$, $c'd'$ u. s. w. der gemischtlinigen Dreiecke $b'cc'$, $c'dd'$ u. s. w. auch schiefen (in unserm Falle stumpfen) Winkeln gegenüber. Diese Bögen sind also grösser als die ihnen entsprechenden Tangenten, erfordern also, um in gleicher Zeit zurückgelegt zu werden, eine grössere Geschwindigkeit, und mit dieser erlangten grösseren Geschwindigkeit strebt der Körper weiter. Die Schnelligkeit der Bewegung muss also stetig wachsen, so lange der Winkel der Tangente mit dem Radiusvector ein stumpfer Winkel ist.

§. 279. Diese fortgesetzte Zunahme der Geschwindigkeit wird aber endlich dahin führen, dass die beiden Bewegungen wirklich in's Gleichgewicht kommen. Etwa in der Gegend von h' sind gh und hh' so gegen einander abgemessen, dass, wäre die Richtung der Tangente normal auf den Radiusvector, von hier ab eine Kreisbewegung eintreten würde. Allein die schräge Richtung der Bewegung veranlasst, dass die Verminderung der Entfernung von s , und damit die Zunahme der Geschwindigkeit, hier ihre Grenze noch

nicht erreicht, sondern das von hier ab stattfindende Uebergewicht der Tangentialbewegung nur dazu beiträgt, die schräge Richtung der normalen näher zu bringen. Es muss deshalb einen Punkt l' geben, in welchem diese normale Richtung erreicht wird; hier aber hat die Tangentialbewegung ein grosses Uebergewicht über die Schwerkraft oder Gravitation und wird also von nun an dazu beitragen, den Körper wieder mehr von der Sonne zu entfernen. Dabei entstehen spitze Winkel der Tangente und des Radiusvectors, die diesen spitzen Winkeln gegenüber liegenden Bögen werden kleiner als die ihnen entsprechenden Tangenten; die Bewegung verlangsamt sich und es erfolgt in umgekehrtem Sinne, was auf dem Wege von a nach l' erfolgte.

§. 280. Die auf diese Weise beschriebene Curve wird also gegen die Linie al' , ihre lange Achse, symmetrisch und sie kehrt in sich zurück. Sie ist eine Ellipse, und Kepler war der Erste, der diesen Satz für Planetenbahnen aus den Beobachtungen bewies. Die Bewegung in der Ellipse ist demnach am schnellsten im Perihelio, am langsamsten im Aphelio, wie dies aus der Bewegung und Zeitrechnung der Erde hervorgeht. Sie ist ferner zwischen beiden Punkten in der einen Hälfte der Bahn stetig zu- in der andern stetig abnehmend. Die mittlere Geschwindigkeit findet also auf halbem Wege zwischen Perihel und Aphel, an beiden Enden der kleinen Achse statt. Während des Winterhalbjahrs ist die Umlaufgeschwindigkeit der Erde grösser, denn sie erreicht am 1. Januar ihre Sonnennähe oder das Perihelio, während die Sonnenferne mit dem 2. Juli zusammenfällt. Hieraus kommt es, dass das Sommerhalbjahr = 186 Tage 12 Stunden, das Winterhalbjahr = 178 Tage 18 Stunden lang ist; der Winter ist also $7\frac{3}{4}$ Tage kürzer als der Sommer.

§. 281. Die Zunahme der Geschwindigkeit beim Näherrücken an den Centalkörper kann noch auf einem andern einfachen Wege bewiesen und dadurch zugleich das Gesetz derselben näher bestimmt werden. Man denke sich Fig. 44. den umlaufenden Körper in a , in s den Centalkörper der Schwerkraft, und ab sei der Weg, den ein Körper ohne Einwirkung der Schwerkraft zurückgelegt hätte, während diese ihn nach n führt. Er beschreibt also die Diagonale ab' des Parallelogramms $abb'n$ (wir nehmen ab gegen as so klein an, dass die Krümmung der Linie ab' sowol als die Veränderung der Richtung der Gravitation von unmerklichem Ein-

fluss ist), und es ist nach geometrischen Gründen das Dreieck $abs = ab's$. Jenes ist der Flächenraum, welchen der Radiusvector ohne Einwirkung der Schwerkraft beschrieben haben würde, dieses das, was es wirklich beschreibt.

§. 282. Mit der in b' erlangten Geschwindigkeit strebt der Körper weiter, es wird also $b'c = ab'$ und $\triangle ab's = \triangle b'cs$. Die Schwerkraft führt ihn, statt nach c , nach c' und es ist wiederum $b'c'$ die Diagonale eines Parallelogrammes $b'cc'm$, so dass auch hier $\triangle b'cs = \triangle b'c's$ ist. So fortgehend wird man immer auf Dreiecke kommen, die wegen Gleichheit ihrer Grundlinien und Höhen gleich sind, und da nun

$$\triangle abs = \triangle ab's$$

$$\triangle ab's = \triangle b'cs$$

$$\triangle b'cs = \triangle b'c's \text{ u. s. w.}$$

diese Dreiecke gleichen Zeiträumen angehören, so verhalten sich die vom Radiusvector eines umlaufenden Körpers zurückgelegten Flächenräume wie die Zeiten, in denen sie zurückgelegt werden. Die Grösse dieser Flächenräume hängt vom Radiusvector und dem durchlaufenen Bogen ab; wird demnach ersterer kleiner, so muss letzterer (für gleiche Zeiträume) grösser werden, was im §. 279 und 280 nachgewiesen ist.

§. 283. Ist die Richtung der Bewegung auf dem Radiusvector normal, was im Aphel und Perihel stattfindet, so verhält sich die Geschwindigkeit umgekehrt wie die Entfernung. Steht also der umlaufende Körper im Aphel 10 mal so weit wie im Perihel vom Centrankörper, so wird seine Geschwindigkeit im erstern $\frac{1}{10}$ von der Geschwindigkeit im letztern sein. Ist die Richtung der Bewegung nicht normal auf dem Radiusvector, so wird man sie sich in 2 Richtungen zerfällen können, deren eine in die Richtung des Radiusvector selbst fällt und die andere darauf normal steht und die Geschwindigkeiten werden sich dann gleichfalls verhalten, wie die Radienvectoren umgekehrt. Dieses Gesetz ist gleichfalls von Kepler hauptsächlich durch die Beobachtungen des Mars gefunden und später von Newton aus dem Gesetz der Schwere analytisch entwickelt worden.

§. 284. Es ist bekannt, dass zwischen den Entfernungen und Umlaufszeiten bei verschiedenen um denselben Centrankörper kreisenden Planeten u. s. w. ein Verhältniss besteht, wie solches

zwischen den Umlaufszeiten und Flächenräumen gefunden worden. Dies Verhältniss ist ein Mittel, eins aus dem andern zu finden und es wird jetzt darauf ankommen, dieses Verhältniss nachzuweisen und aus dem Gesetz der Schwere abzuleiten. Es sei Fig. 45. die Sonne in S , ein Planet p stehe in a in einer Distanz $aS=r$, ein zweiter P im Punkte A und seine Distanz $AS=R$. Nach dem Gesetz der Schwere werden beide Planeten von der Sonne innerhalb des gleichen Zeitraums nach N und n gezogen, welche beide Punkte so angenommen werden müssen, dass $AN:an=r^2:R^2$. Sollen beide Bahnen Kreisbahnen sein, so müssen die Tangentialbewegungen AB und ab zur Schwerkraft in einem solchen Gleichgewichtsverhältniss stehen, dass die Punkte C und c , wohin die Planeten p und P in der gleichen Zeit geführt werden, von S in denselben Entfernungen stehen wie A und a . Es müssen folglich AN und an die Sinus versus der Bögen AC und ac sein und für sehr kleine Bogen (man kann sich eine Bahn in so kleine Theile getheilt denken wie man will) verhalten sich für gleiche Kreise die Sinus versus wie die Quadrate der zugehörigen Bogen; es ist also an dem Quadrate von ac und AN dem von AC proportional.

§. 285. Für die beiden verschiedenen Kreise lässt sich dies Verhältniss jedoch nur dann gültig aufstellen, wenn man sowol die Sinus versus als die Bögen in ihrem Verhältniss zum Radius betrachtet und es ist demnach

$$\frac{AN}{R} : \frac{an}{r} = \frac{AC^2}{R^2} : \frac{ac^2}{r^2}$$

oder

$$AN : an = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r} \quad (1)$$

Nun aber ist nach dem Vorigen $AN:an=R^2:r^2$, setzen wir diese Proportion mit der in (1) gefundenen zusammen, so erhalten wir

$$r^2:R^2 = \frac{AC^2}{R} : \frac{ac^2}{r}, \text{ also}$$

$$r \cdot ac^2 = R \cdot AC^2, \text{ oder } AC^2 = ac^2 \cdot \frac{r}{R}$$

Es ist aber der ganze Umfang des innern Kreises $2r\pi$, der des äussern $2R\pi$, der Planet p wird also $\frac{2r\pi}{ac}$ und der Planet $P = \frac{2R\pi}{AC}$ solcher Zeiteinheiten gebrauchen als zu ac und AC beziehungsweise gehören. Seien die Umlaufszeiten t und T , so haben wir

$$t:T = \frac{r}{ac} : \frac{R}{AC} \quad (2)$$

Man erhebe die Proportion (2) ins Quadrat, so erhalten wir

$$t^2:T^2 = \frac{r^2}{ac^2} : \frac{R^2}{AC^2},$$

und nun für AC^2 den oben gefundenen Werth gesetzt

$$t^2:T^2 = \frac{r^2}{ac^2} : \frac{R}{r \cdot ac^2}$$

folglich die Nenner gehoben,

$$t^2:T^2 = r^3:R^3. \quad (3)$$

Also verhalten sich die Quadrate der Umlaufszeiten wie die Cuben der Entfernungen bei Kreisbahnen und wie die Cuben der mittleren Entfernungen bei elliptischen Bahnen.

§. 286. Kennt man nun aus Beobachtungen die Umlaufszeiten aller Planeten und die Entfernungen eines einzigen p , so sind t , T und r bekannte Grössen und man hat

$$R = r \cdot \sqrt[3]{\frac{T^2}{t^2}}.$$

Kennt man umgekehrt die sämtlichen Entfernungen und nur die Umlaufszeit eines einzigen, so sind r , R und t bekannt und man wird haben

$$T = t \sqrt[2]{\frac{R^3}{r^3}}$$

Wären endlich die Umlaufszeiten, hingegen keine Entfernungen bekannt, so hätte man wenigstens das Verhältniss dieser letztern durch die Proportion

$$R:r = \sqrt[3]{T^2} : \sqrt[3]{t^2}.$$

Auch dieses Gesetz ist von Kepler (am 15. Mai 1618) aus der Vergleichung der beiläufig bekannten Distanzen mit den beobachteten Umlaufszeiten abgeleitet, und von Newton theoretisch bewiesen worden.

§. 287. Man nennt diese in §. 272—286. entwickelten Gesetze die drei Kepler'schen Gesetze. Er gab sie bloss für die Planeten; ihre Allgemeingültigkeit für alle Bahnen der Weltkörper ist aber seit seiner Zeit nicht allein durch sämtliche Beobachtungen bestätigt, sondern auch theoretisch aus dem Newton'schen Gesetz bewiesen worden.

Die drei Kepler'schen Gesetze lauten:

- 1) Die Bahnen der Planeten sind Ellipsen, die einen Brennpunkt gemeinschaftlich haben, in welchem die Sonne sich befindet.
- 2) Jeder Planet beschreibt in gleichen Zeiten, gleiche Flächenräume.
- 3) Die Quadratzahlen der Umlaufzeiten von zwei Planeten verhalten sich zu einander, wie die Cuben der mittleren Entfernungen der Planeten von der Sonne.

A n h a n g.

Finsternisse 1864. Es werden im Jahre 1864 zwei Sonnenfinsternisse stattfinden, von denen in Europa aber keine sichtbar ist. Der Mond wird nicht verfinstert.

1. Sonnenfinsterniss am 5—6. Mai. Anfang am 5. Mai 10^h 10' Abends, Ende am 6. Mai 3^h43' Morgens. Anfang der centralen Verfinsterung am 5. Mai 11^h11' Abends, Ende am 6. Mai 2^h42' Morgens. Die Finsterniss wird an einigen Orten total, an andern ringförmig erscheinen. Sichtbar in einem Theile von Ostasien, im westlichen Theile von Nordamerika und in einem Theile von Australien.

2. Eine ringförmige Sonnenfinsterniss am 30. October. Anfang 1^h11' Abends, Ende 7^h10' Abends. Anfang der ringförmigen Verfinsterung 2^h17' Abends, Ende 6^h4' Abends. Sichtbar in Südamerika und einem Theile von Afrika.

Planetenerscheinungen 1864. Merkur ist am Abendhimmel sichtbar: Mitte Januar, Ende April, Ende August, Mitte December; am Morgenhimmel: Mitte Februar, Mitte Juni, Mitte October.

Venus erscheint in den Monaten Januar, Februar, März als Morgenstern, verliert sich Anfang April in den Sonnenstrahlen und erscheint Mitte August wieder als Abendstern.

Mars ist in der ersten Hälfte des Jahres nur am Morgenhimmel sichtbar; im Januar im Scorpion und dem Schützen, im Februar im Schützen, im März im Schützen und Steinbock, im April im Steinbock und Wassermann, im Mai im Wassermann, im Juni im Wassermann und in den Fischen. Im Juli geht der Pla-

net bereits vor Mitternacht auf und ist im November und December die ganze Nacht sichtbar. Den 30. November ist er in Opposition mit der Sonne, der Erde also am nächsten.

Jupiter zeigt sich bis Mitte März am Morgenhimmel, im Sternbilde der Wage, geht darauf vor Mitternacht auf, ist am 13. Mai in Opposition mit der Sonne, mithin in seinem grössten Glanze und bleibt bis Ende October am Abendhimmel sichtbar, worauf er sich in den Sonnenstrahlen verliert.

Saturn erscheint das ganze Jahr hindurch im Sternbilde der Jungfrau, geht im Anfange Januars bald nach Mitternacht auf, ist im April die ganze Nacht über dem Horizont von Deutschland, kommt am 4. April mit der Sonne in Opposition und bleibt bis in den September am Abendhimmel sichtbar. Ende October kommt der Planet in der Morgendämmerung wieder zum Vorschein.

1. Sonnenfinsterniss am 5. Mai. Anfang am 5. Mai 10^h 10' Abends. Ende am 6. Mai 3^h 43' Morgens. Anfang der totalen Verfinsternung am 5. Mai 11^h 11' Abends. Ende am 6. Mai 2^h 42' Morgens. Die Finsterniss wird an einigen Orten total, an andern ringförmig erscheinen. Sichtbar in einem Theile von Ostasien, im westlichen Theile von Nordamerika und in einem Theile von Australien.

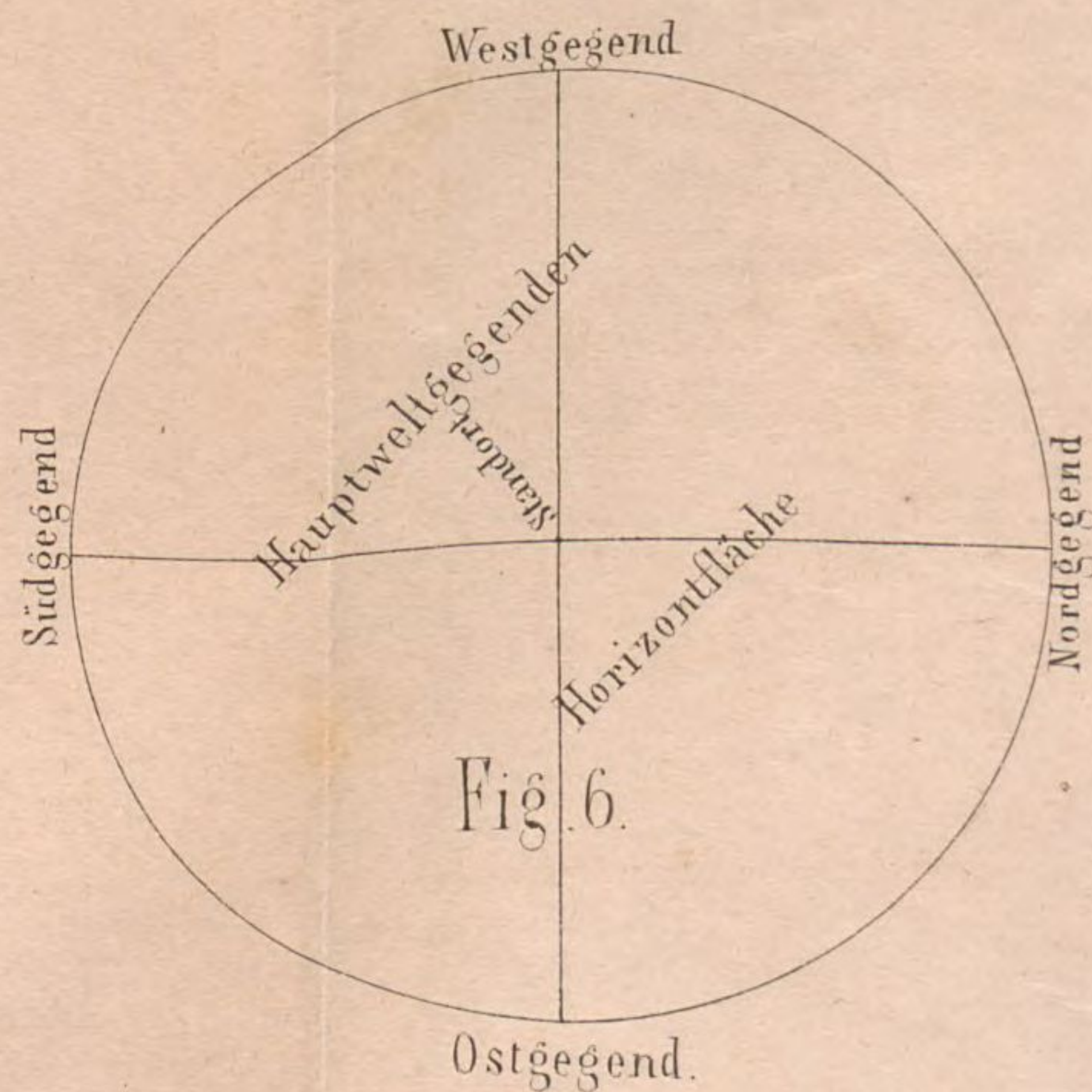
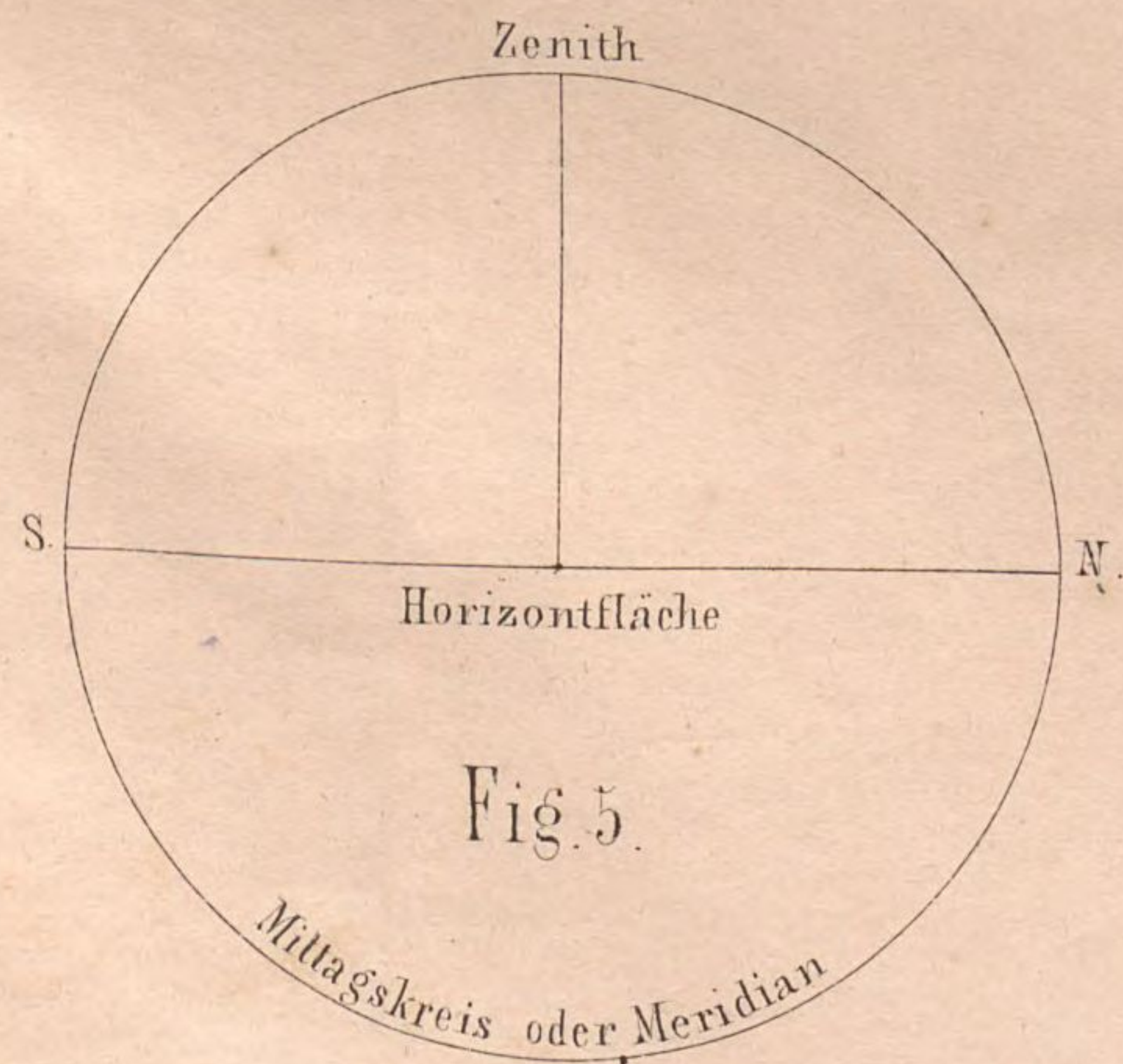
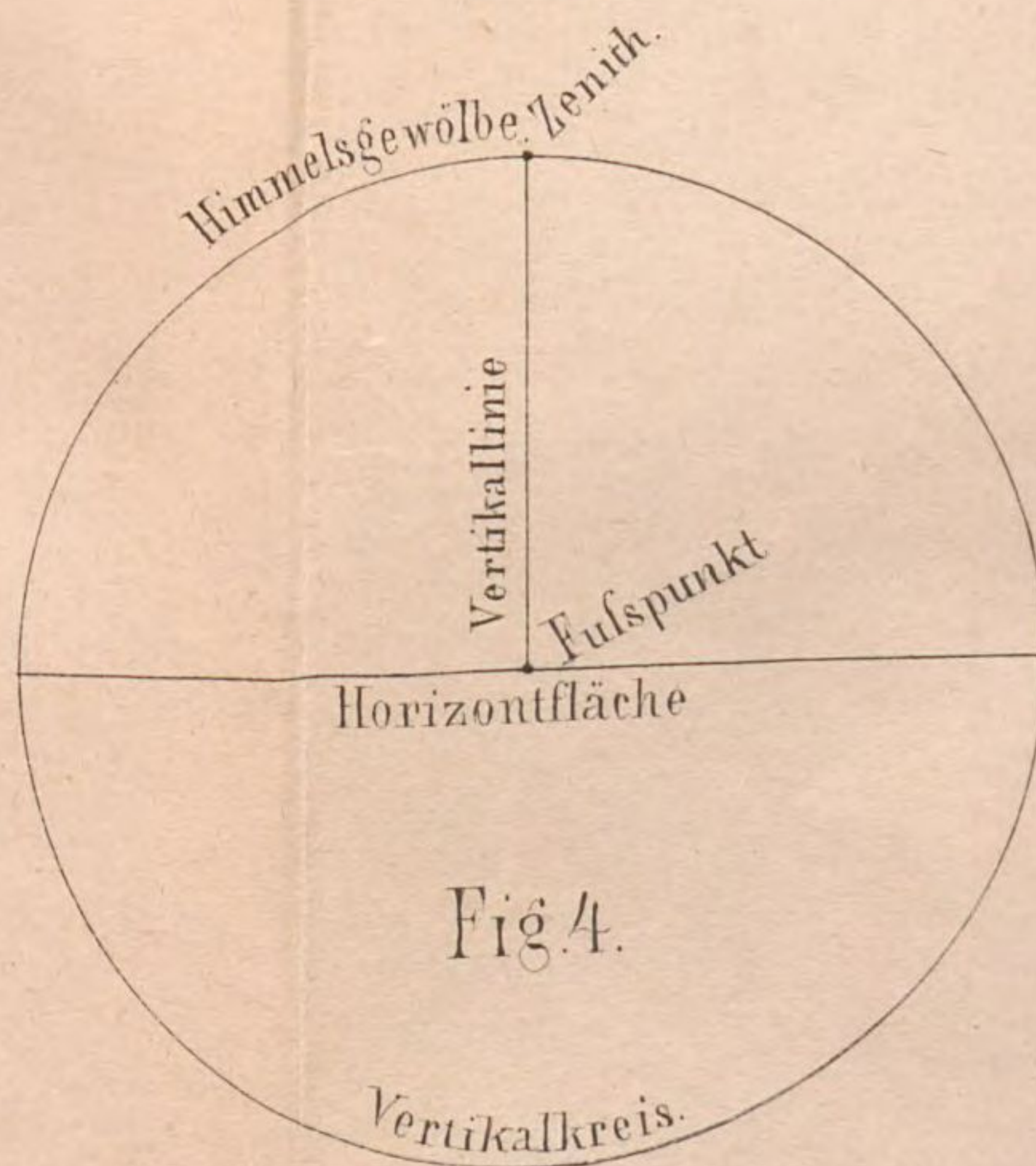
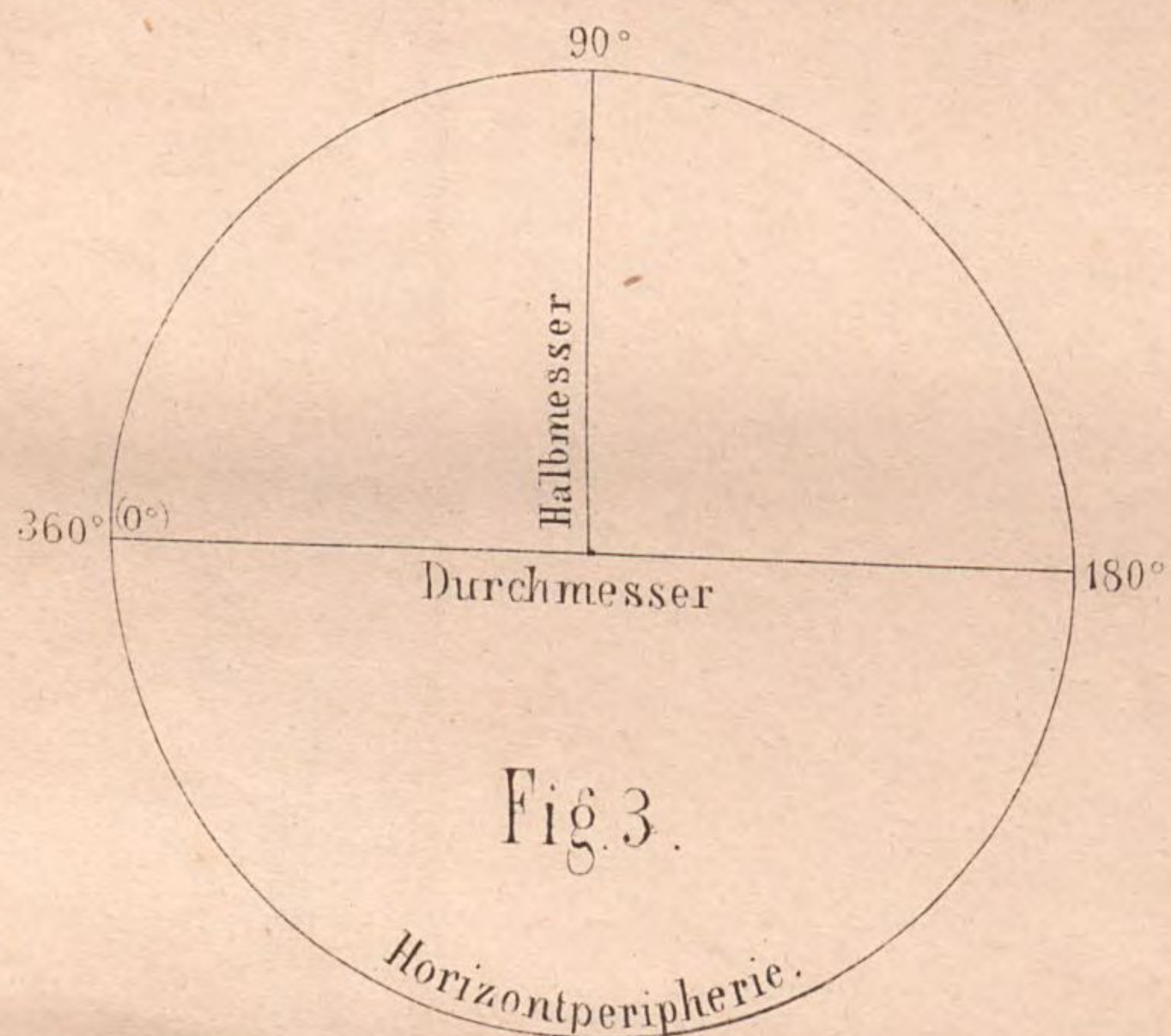
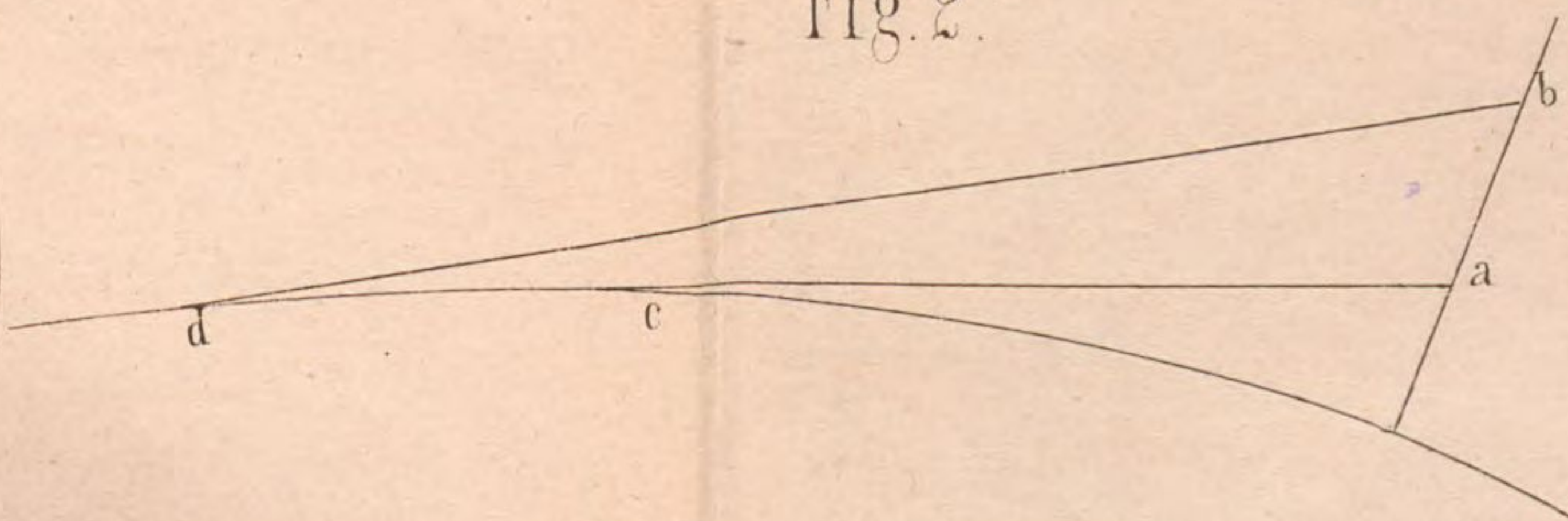
2. Eine ringförmige Sonnenfinsterniss am 30. October. Anfang 1^h 14' Abends. Ende 7^h 10' Abends. Anfang der ringförmigen Verfinsternung 2^h 17' Abends. Ende 6^h 4' Abends. Sichtbar in Südamerika und einem Theile von Afrika.

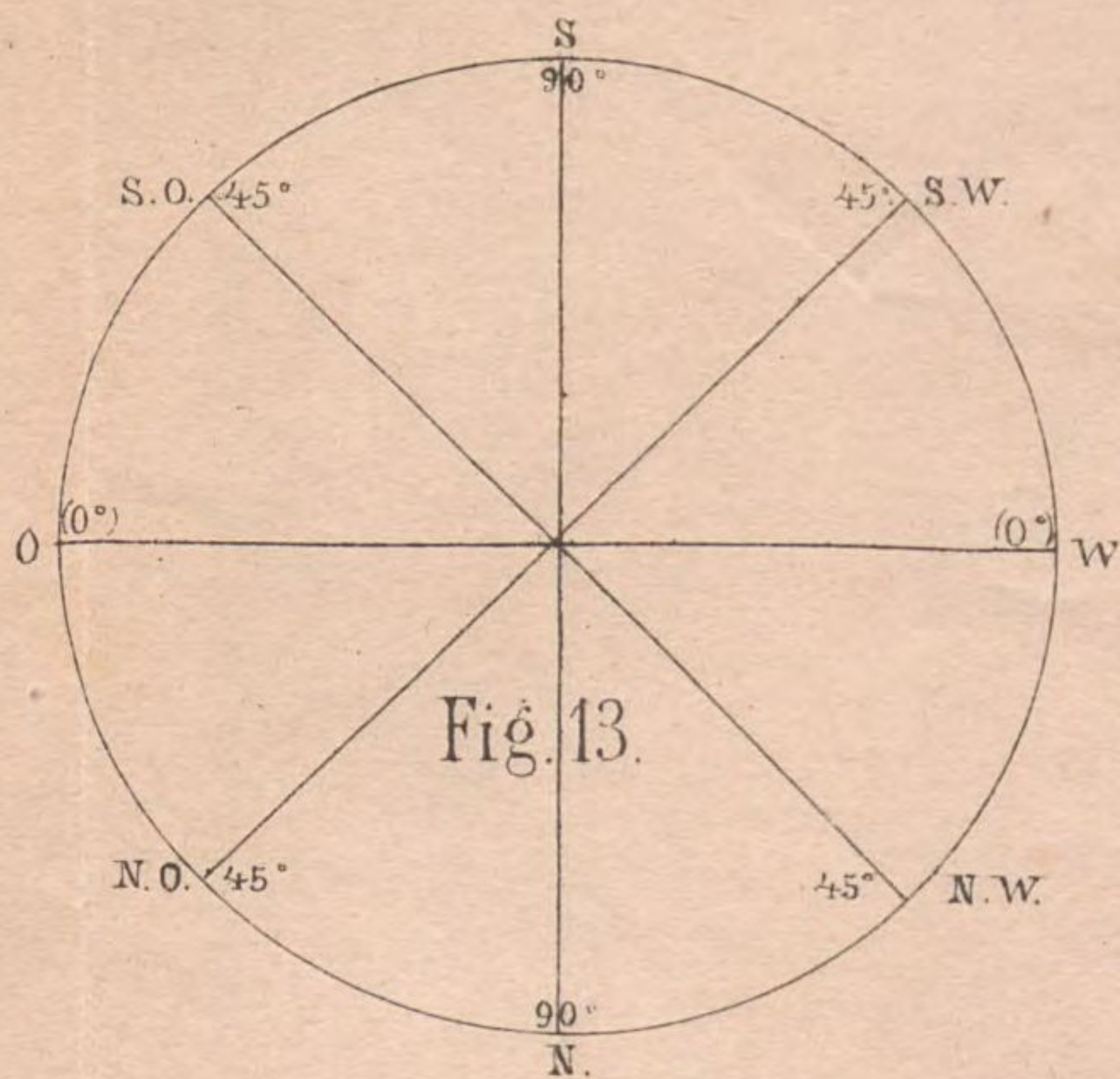
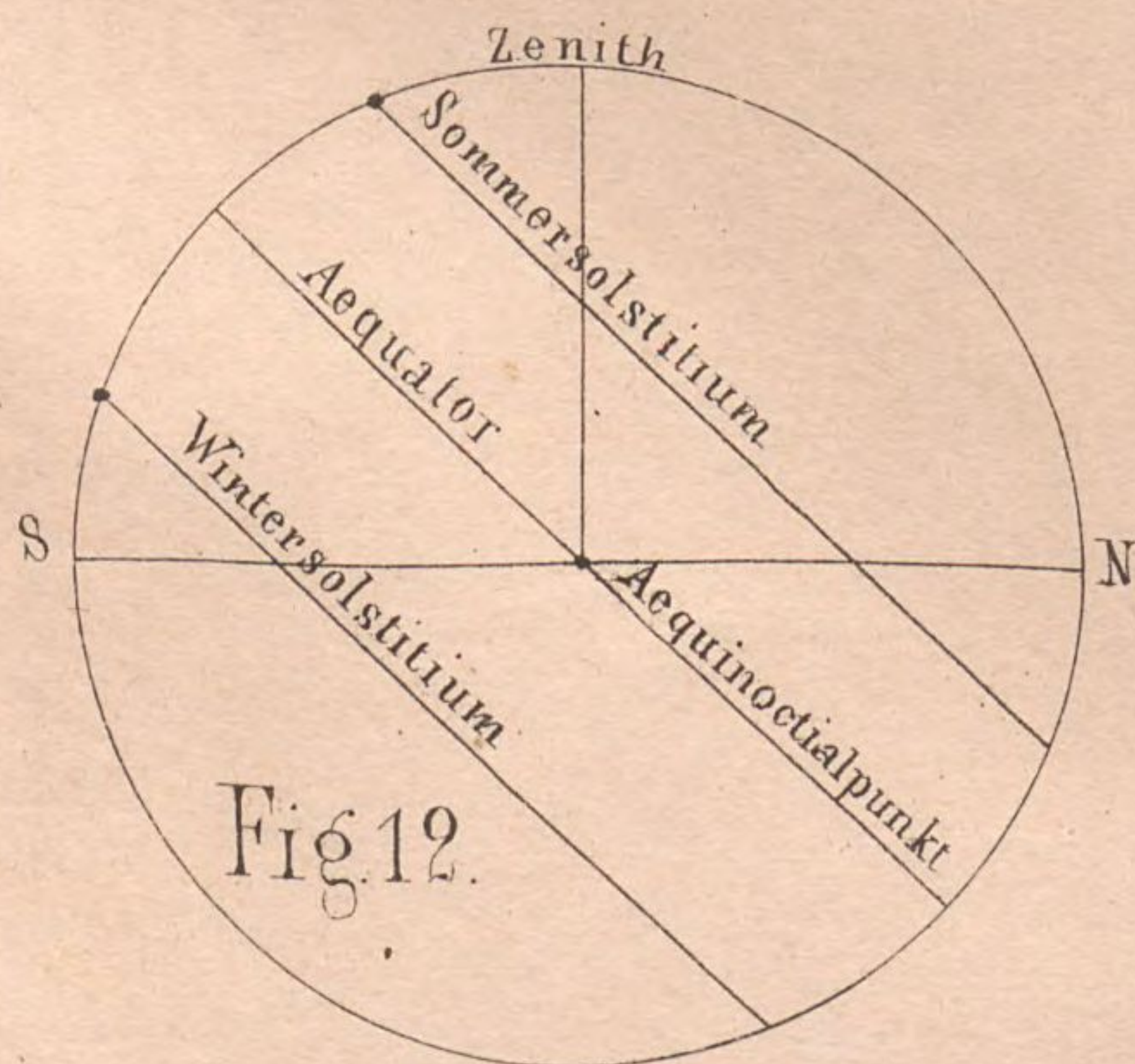
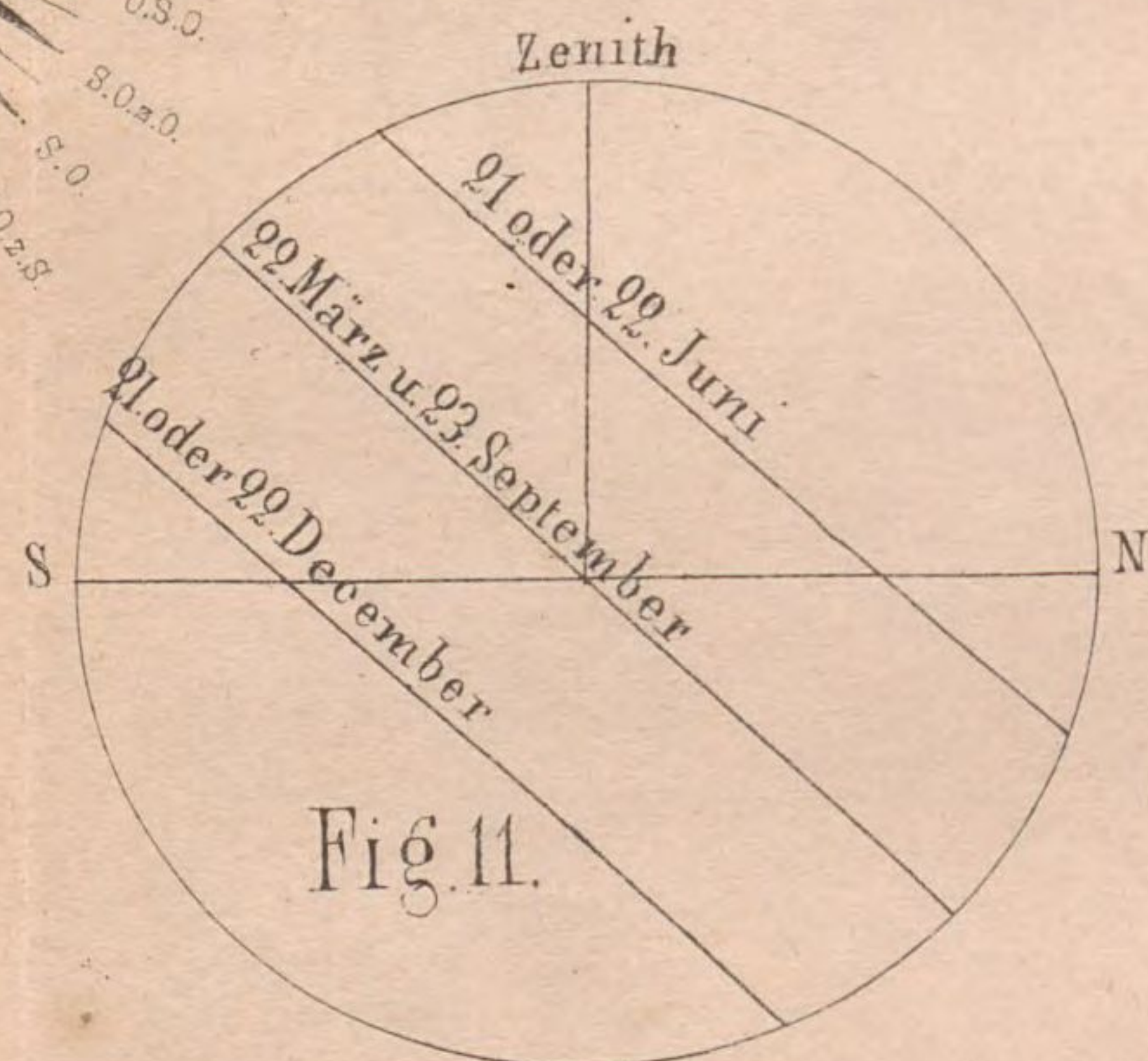
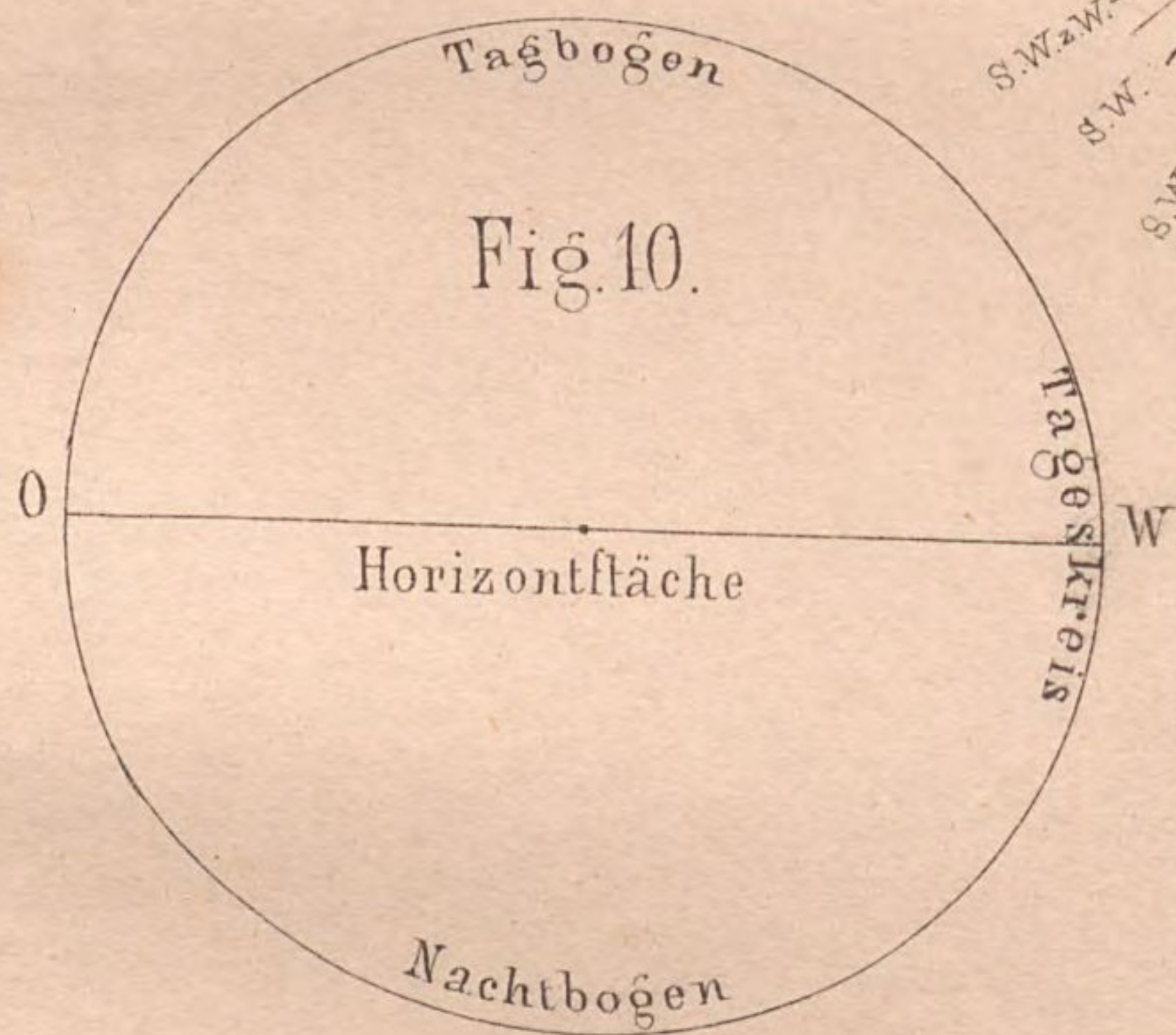
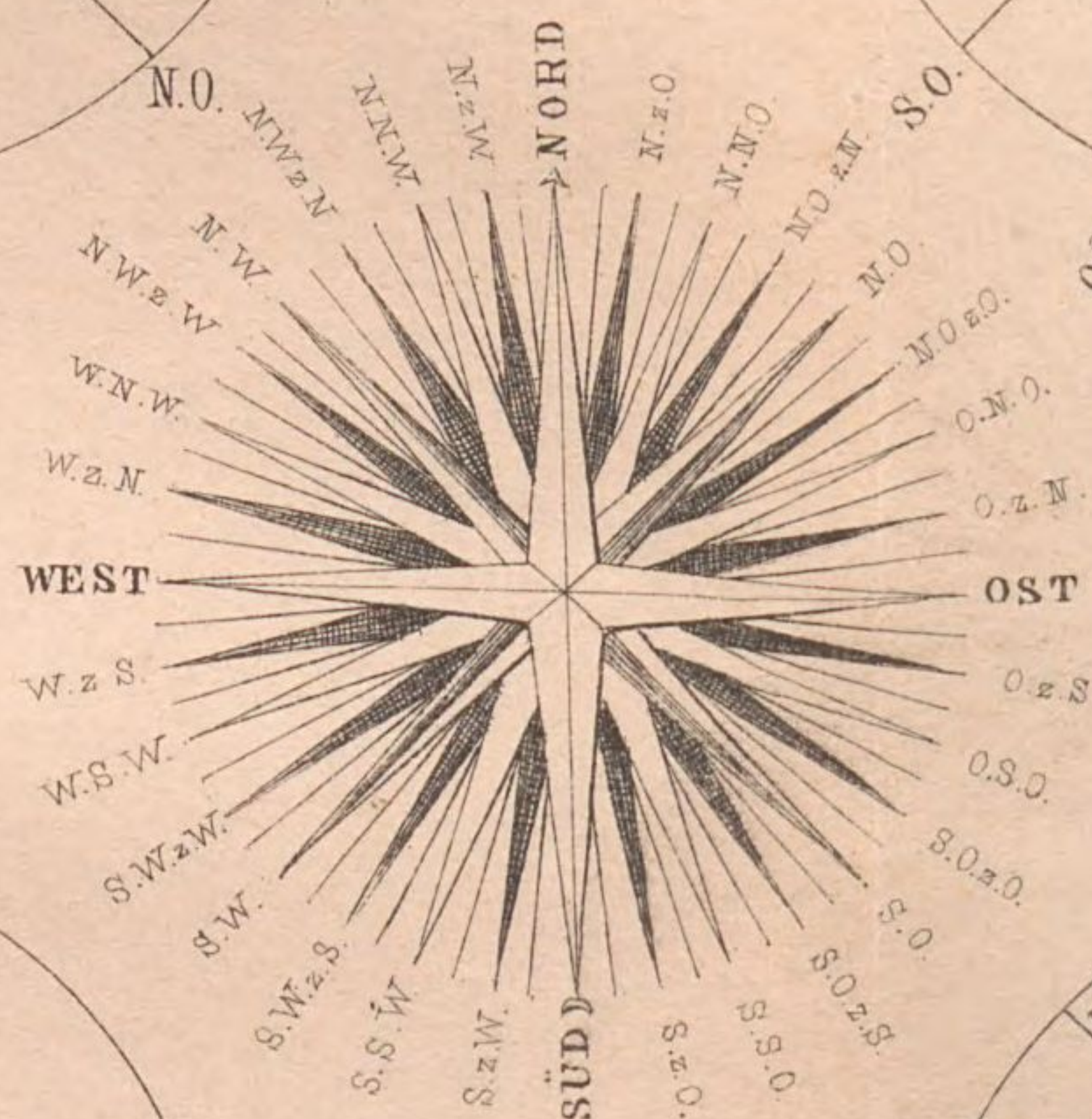
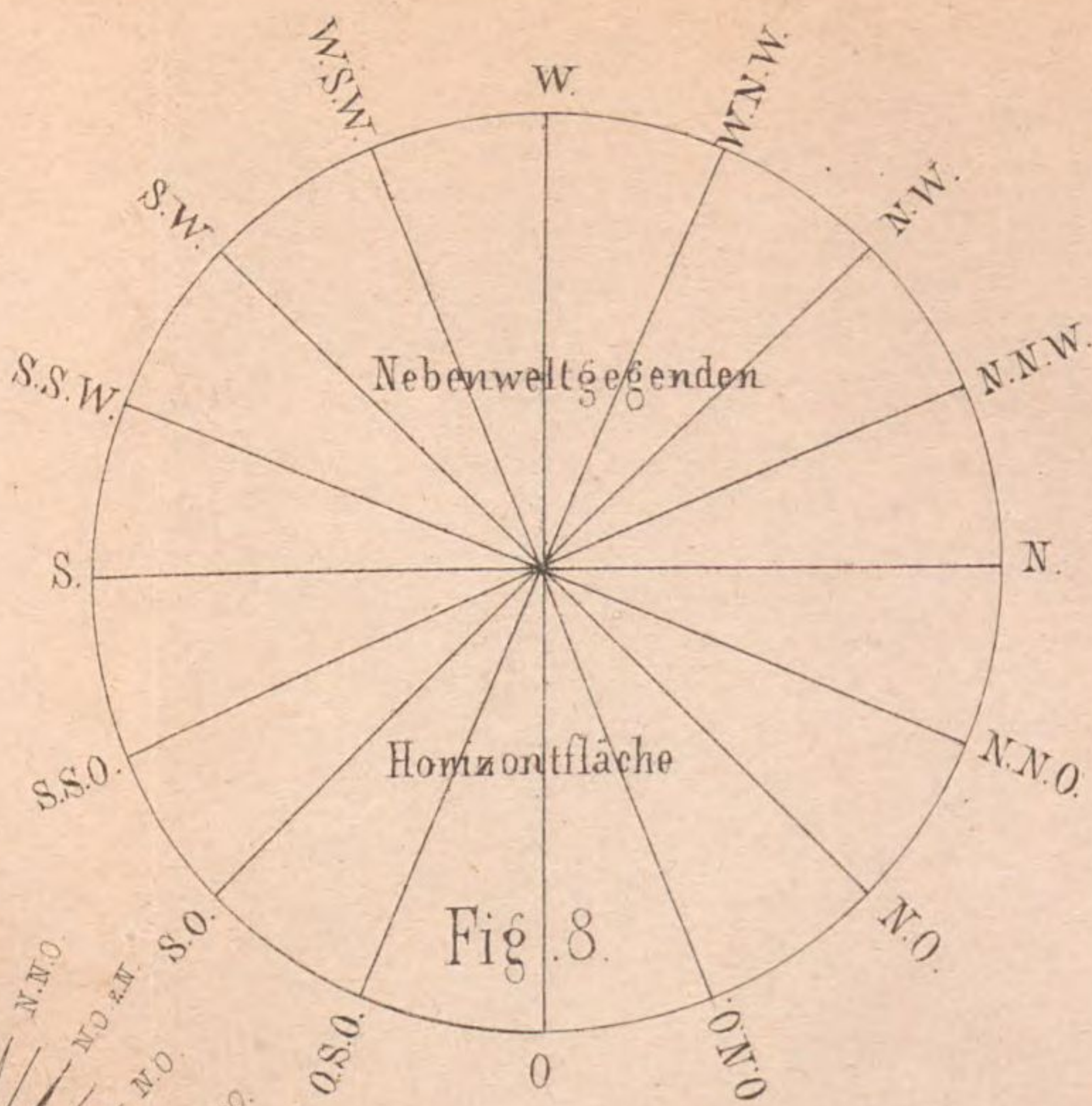
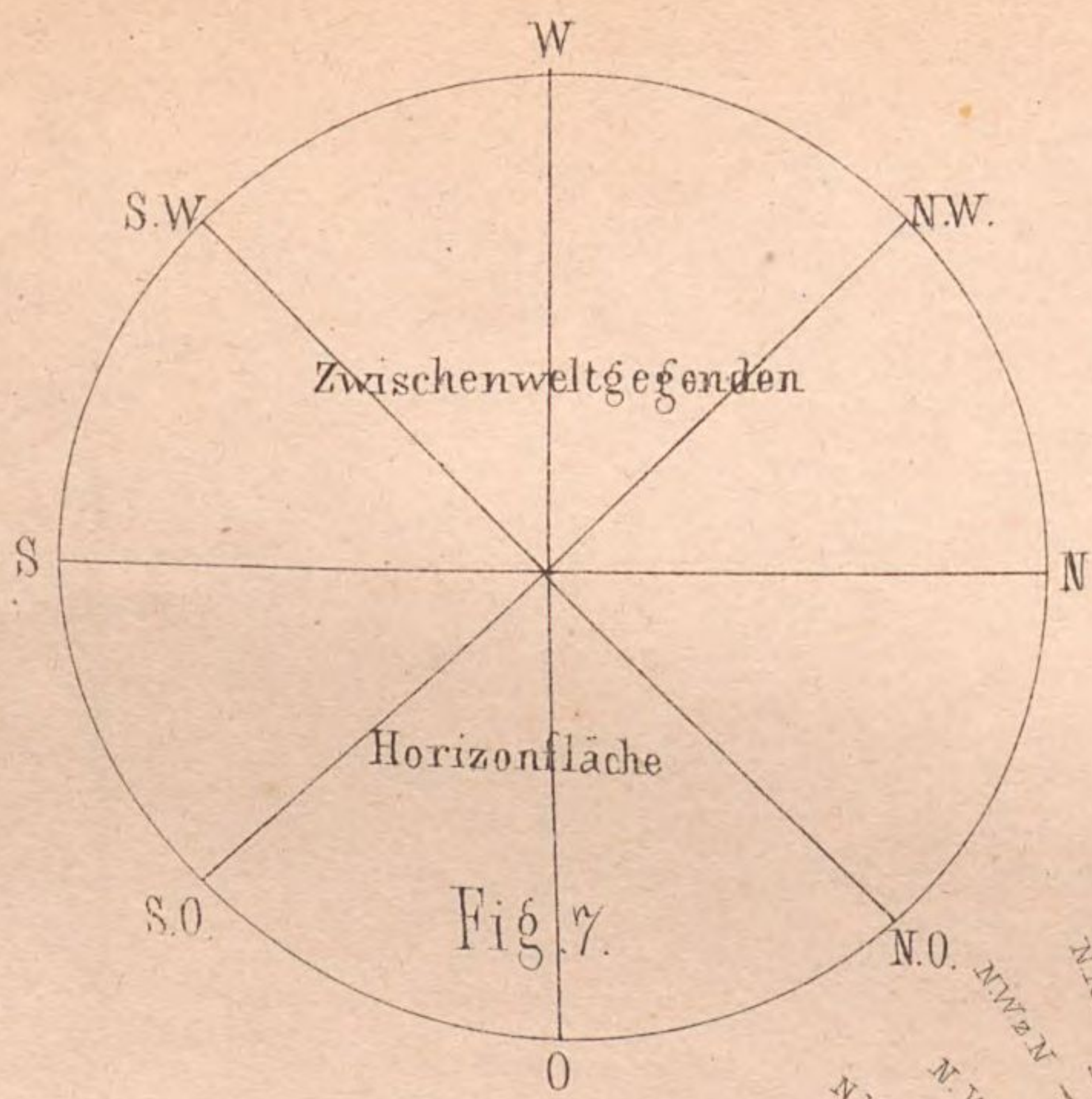
Planetenerscheinungen 1864. Merkur ist am Abendhimmel sichtbar: Mitte Januar, Ende April, Mitte August, Mitte December; am Morgenhimmel: Mitte Februar, Mitte Juni, Mitte October.

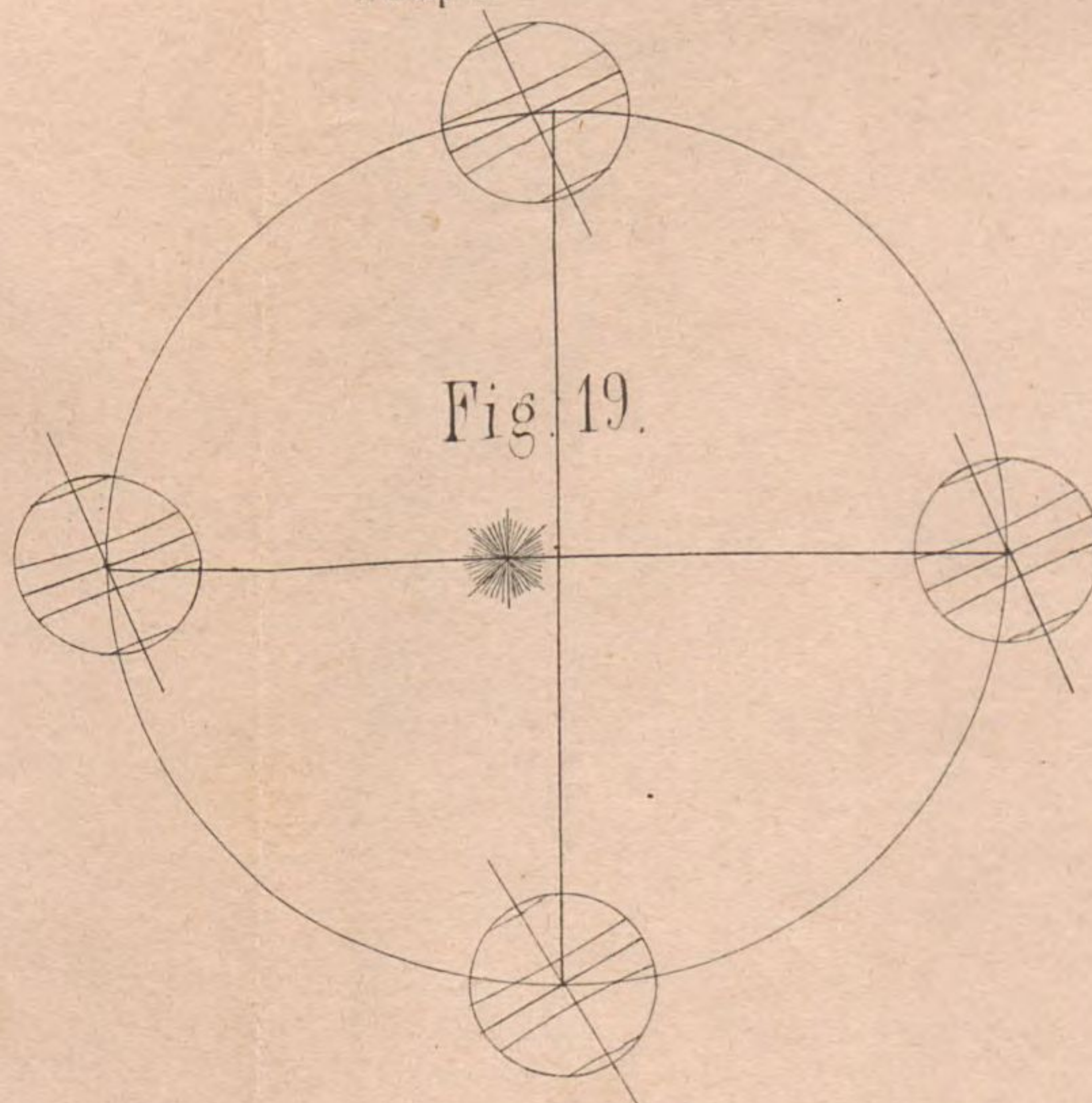
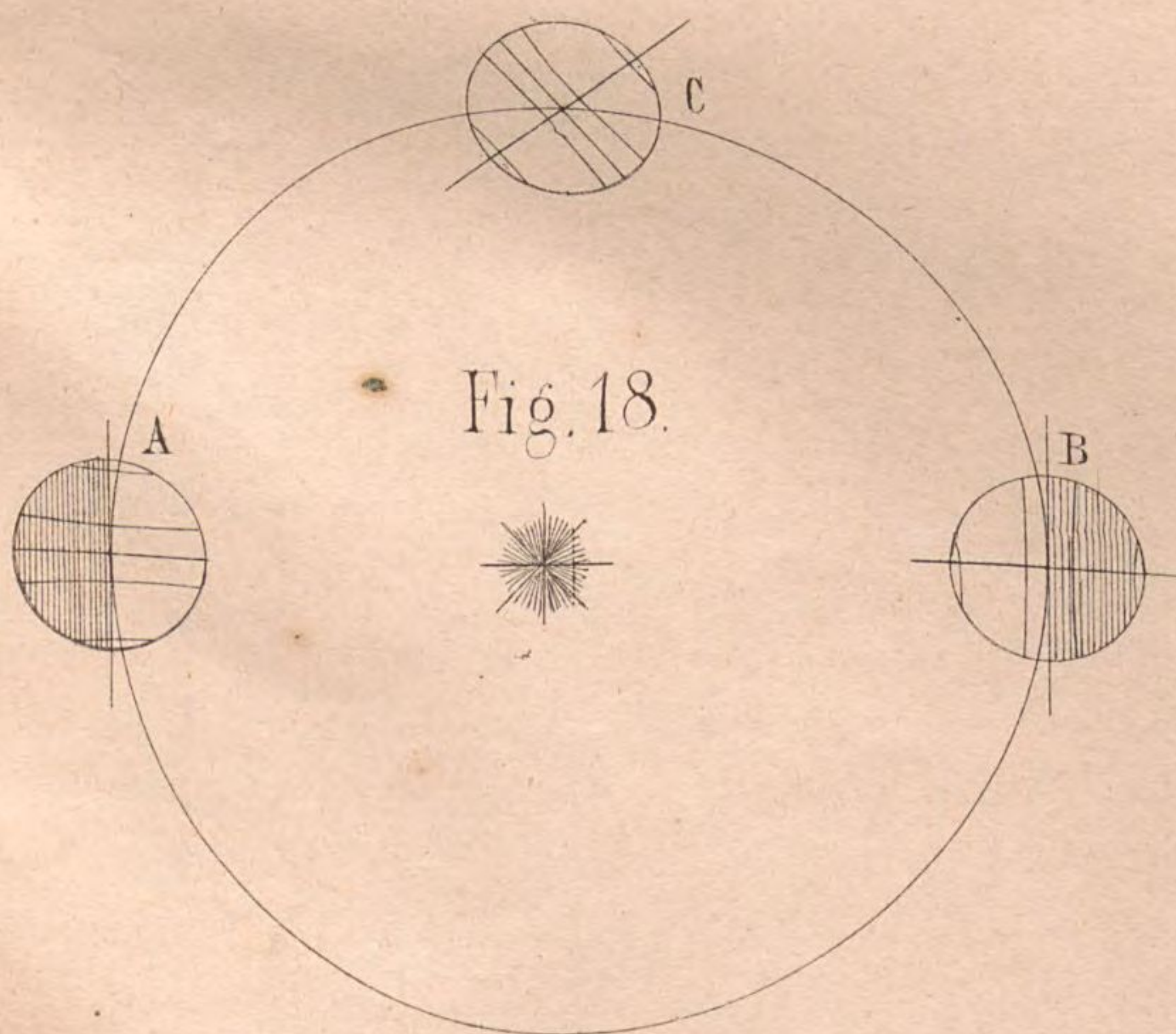
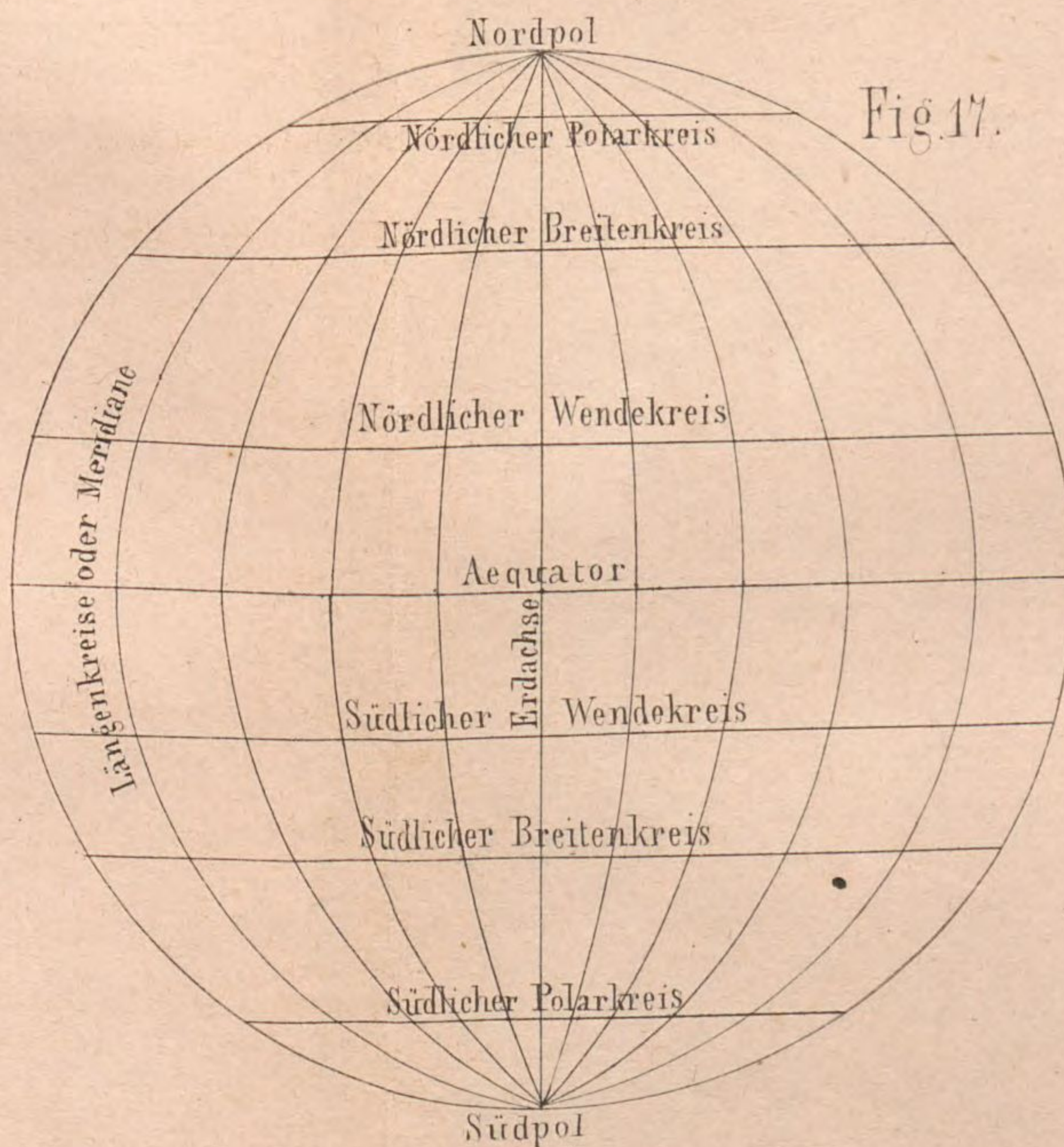
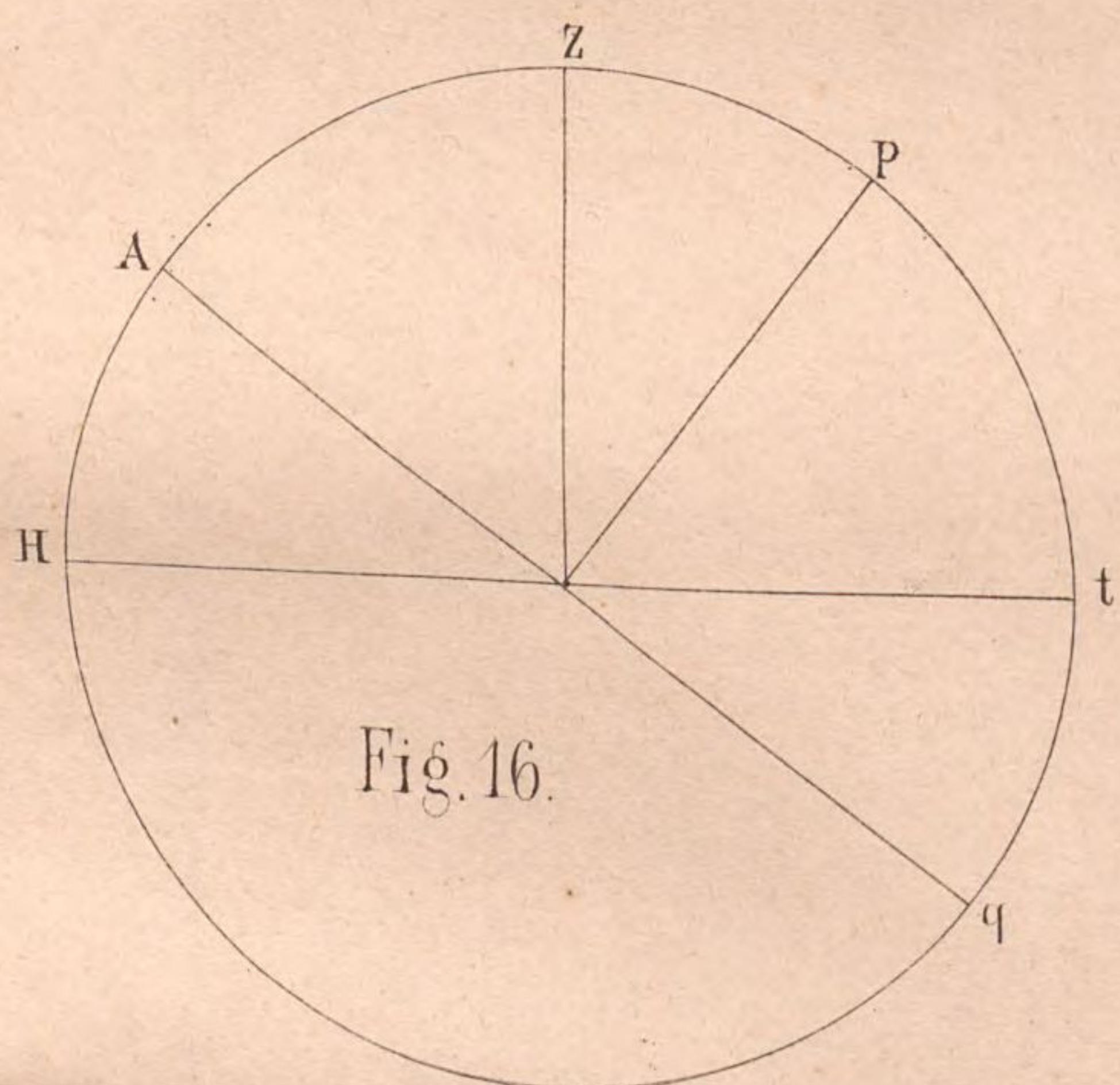
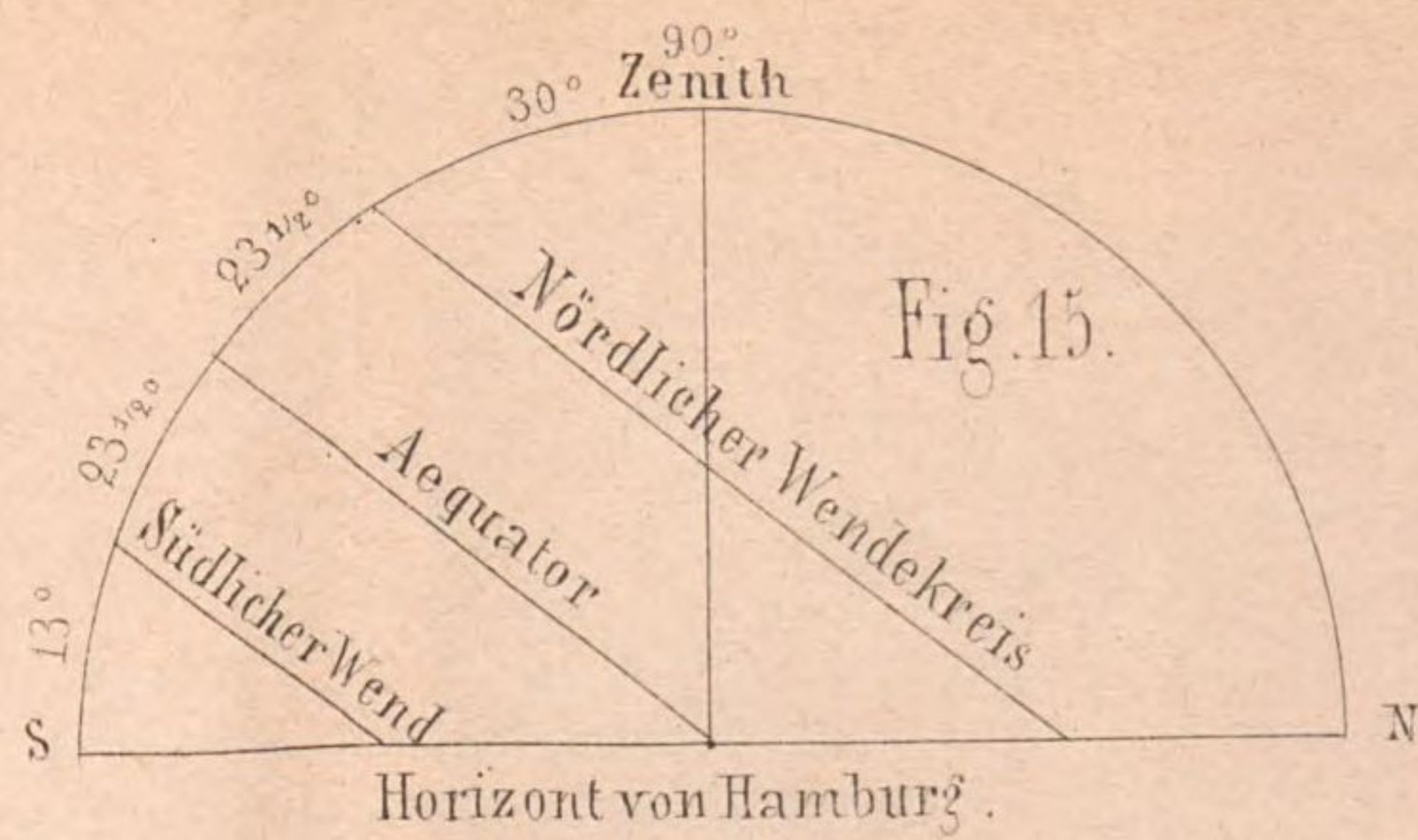
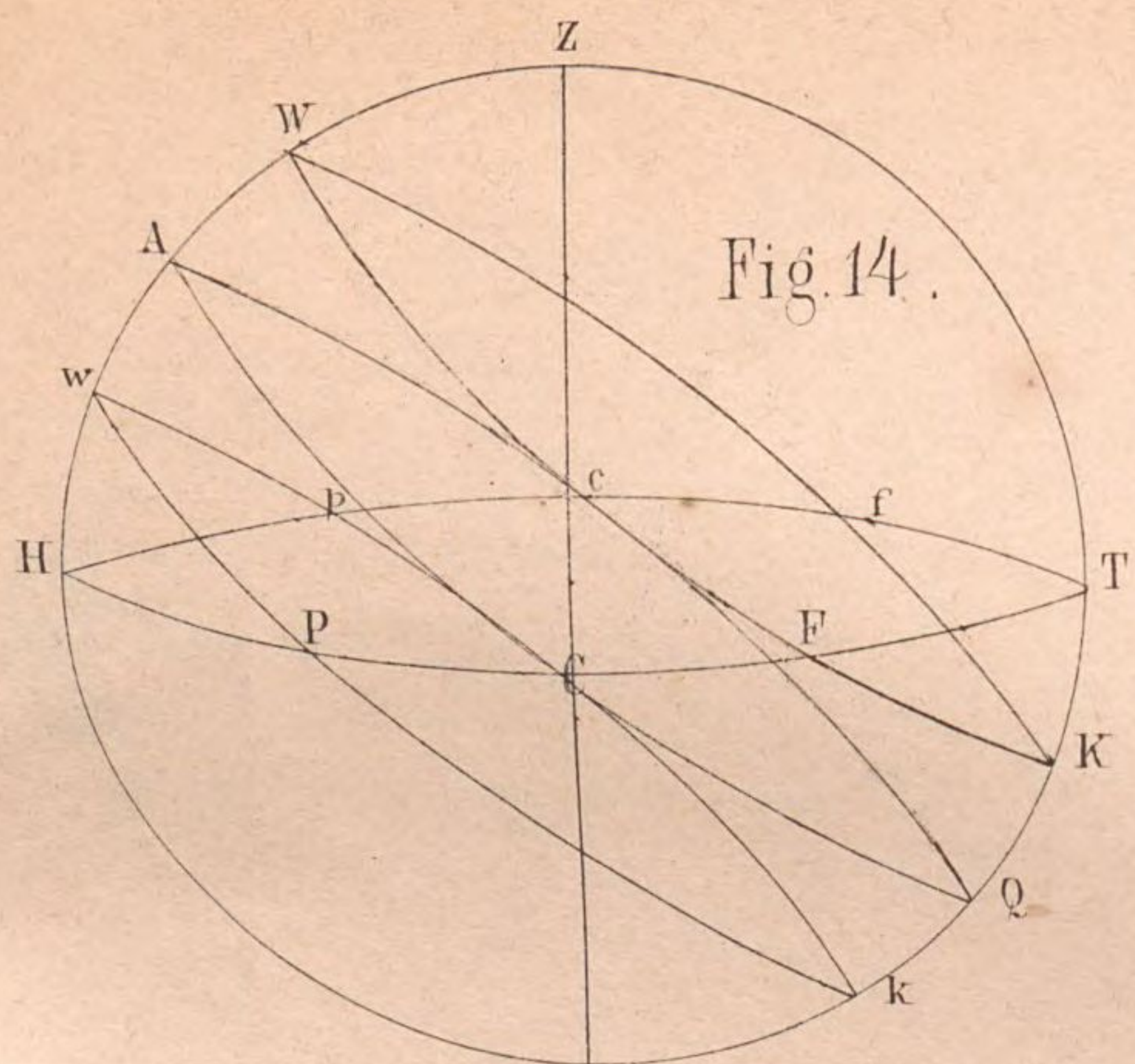
Venus erscheint in den Monaten Januar, Februar, März als Morgensterne, verliert sich Anfang April in den Sonnenstrahlen und erscheint Mitte August wieder als Abendsterne. Mars ist in der ersten Hälfte des Jahres nur am Morgenhimmel sichtbar; im Januar im Scorpion und dem Schützen, im Februar im Schützen, im März im Schützen und Steinbock, im April im Steinbock und Wassermann, im Mai im Wassermann, im Juni im Wassermann und in den Fischen. Im Juli geht der Pla-

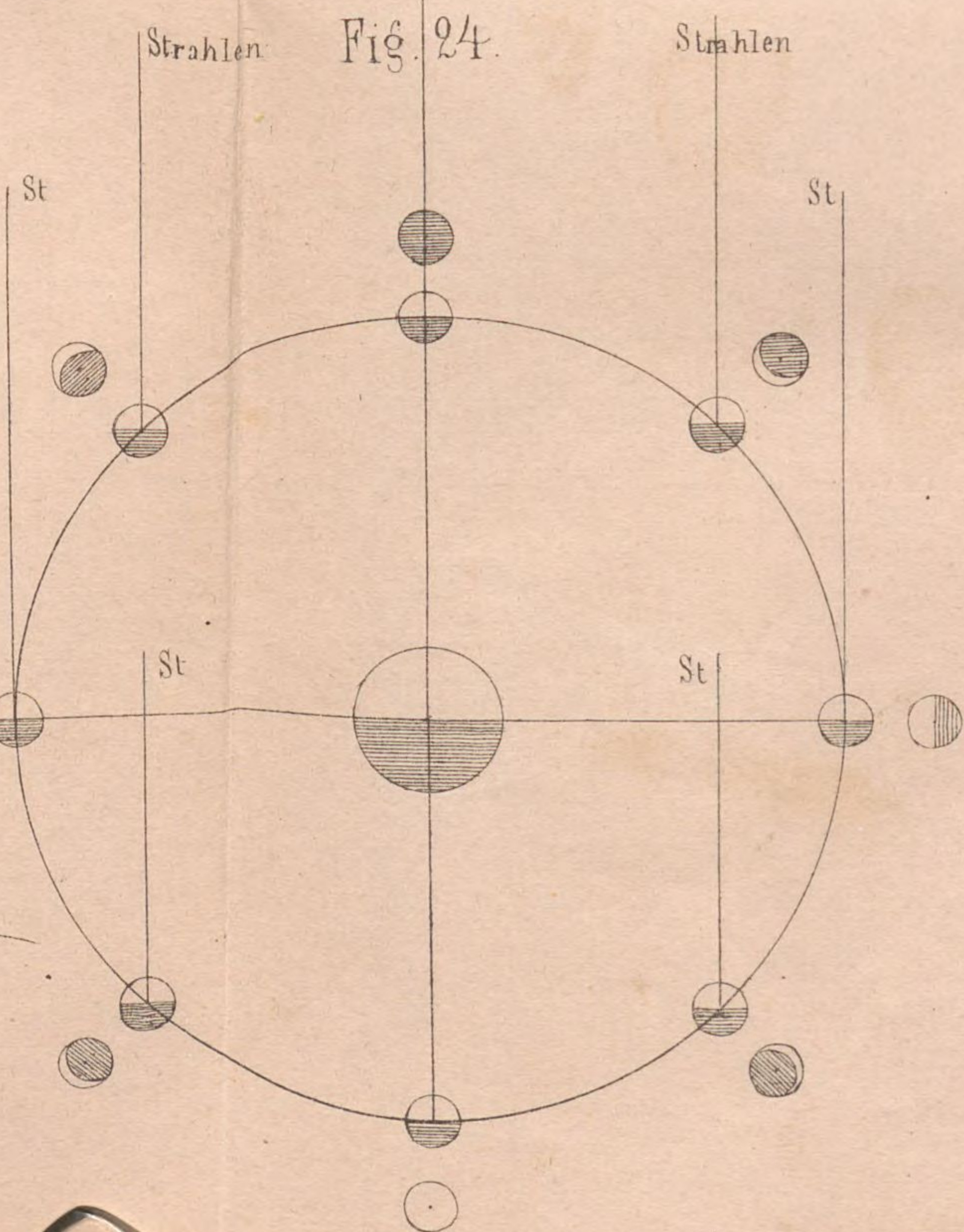
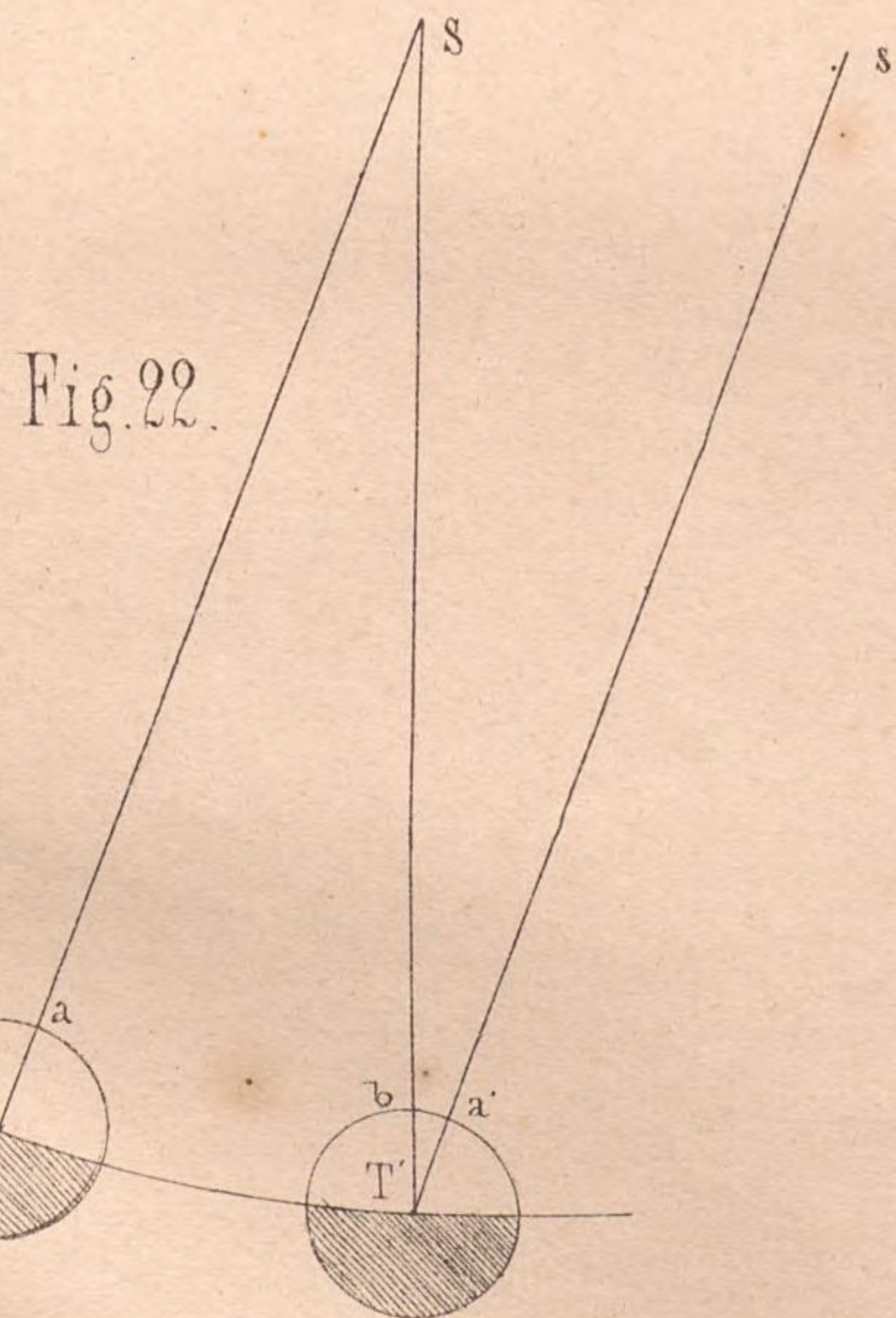
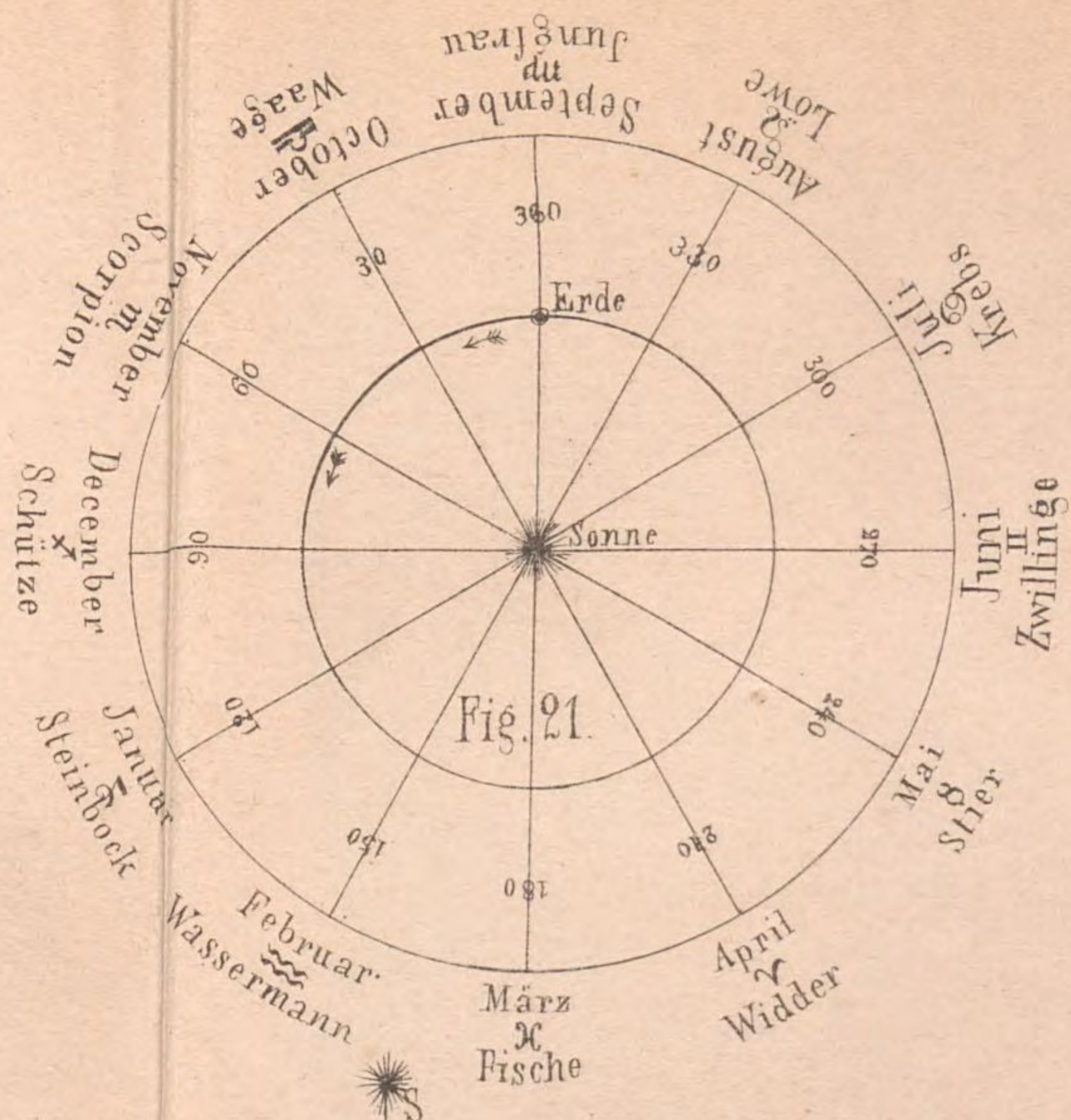
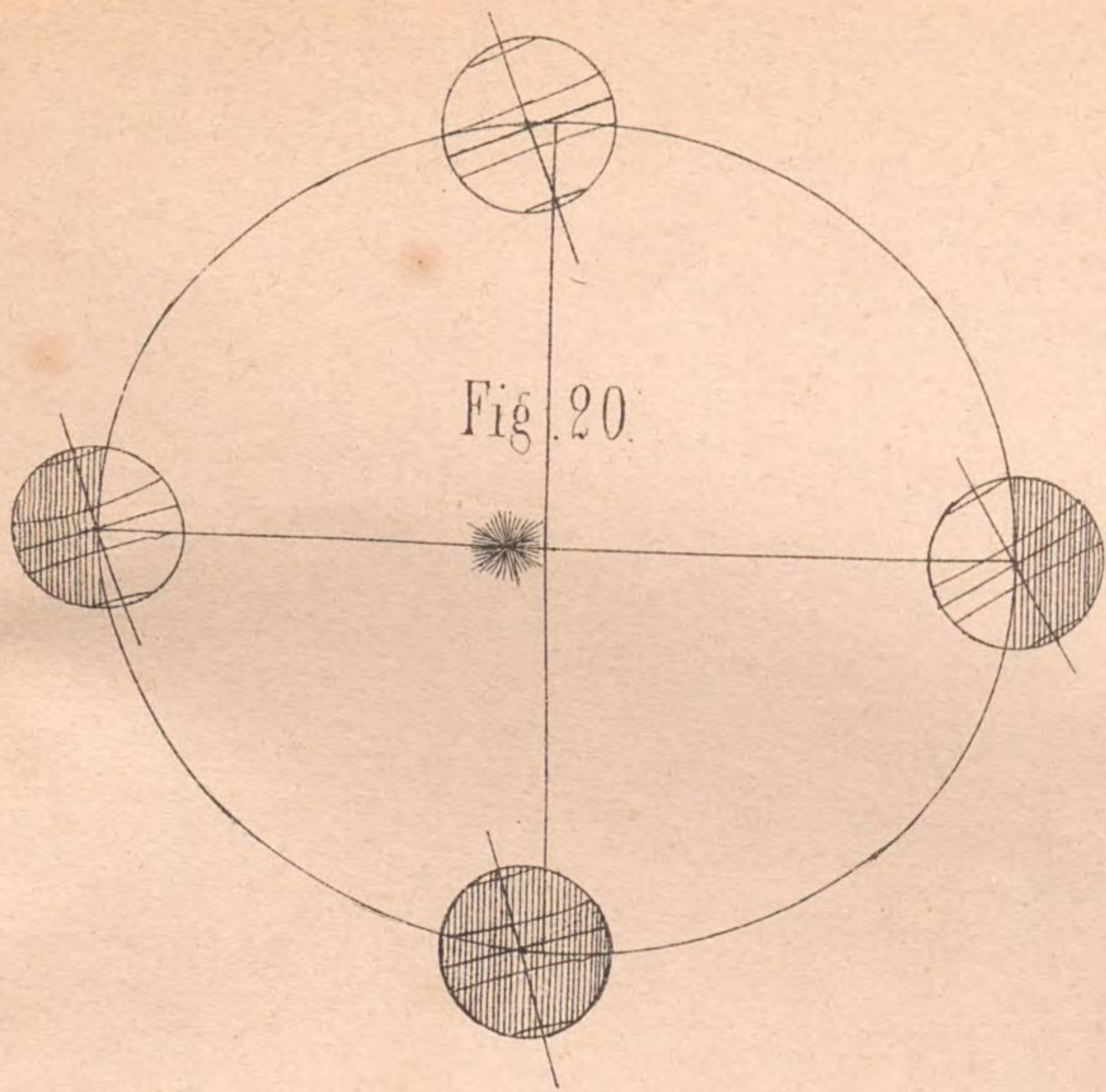


Fig. 2.









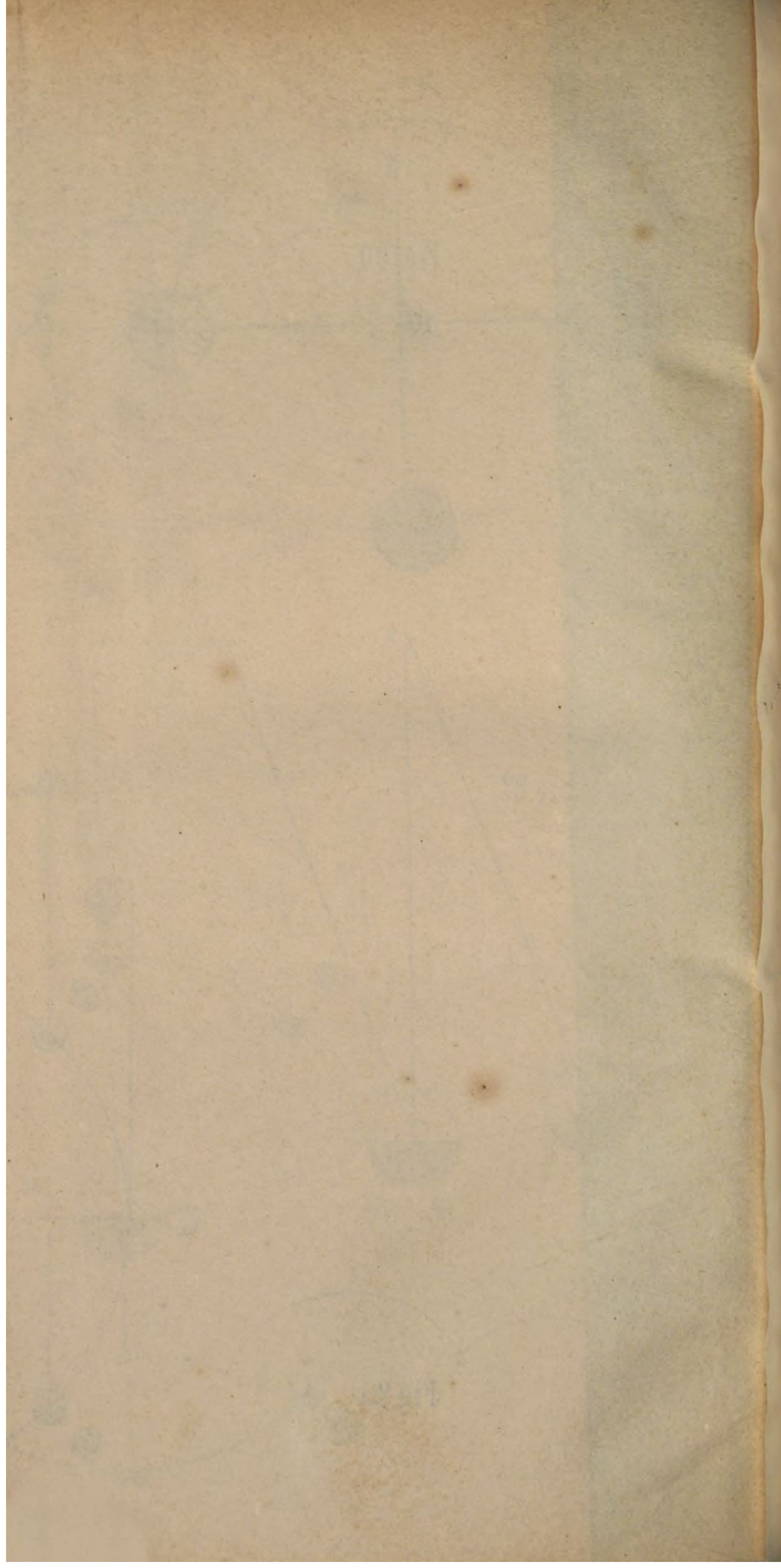
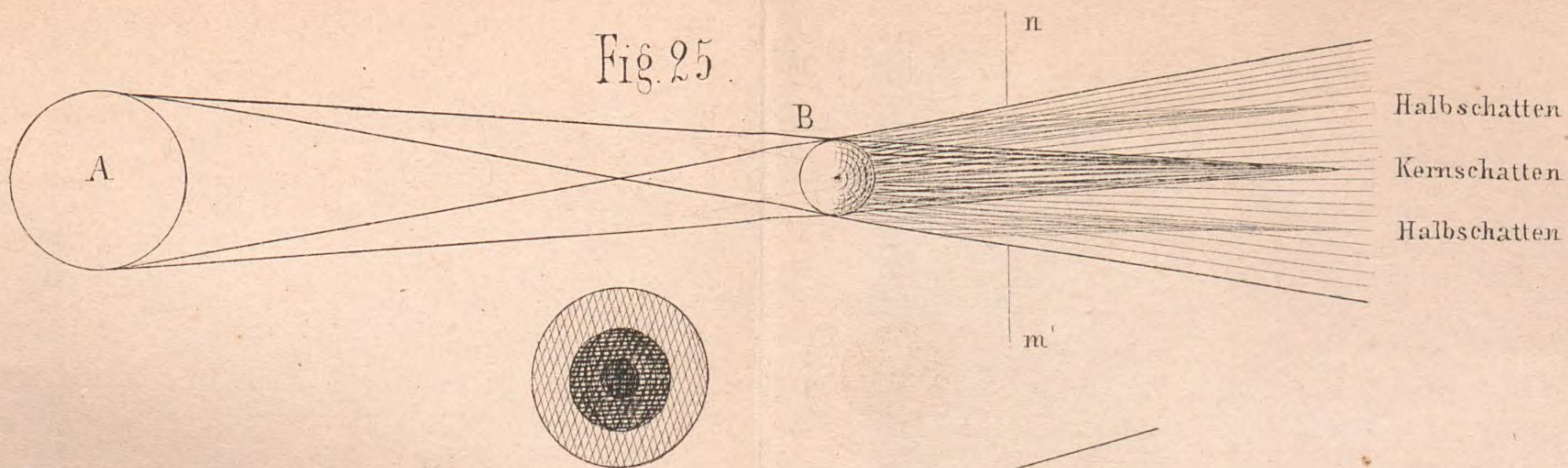


Fig. 25



Mondfinsterniss

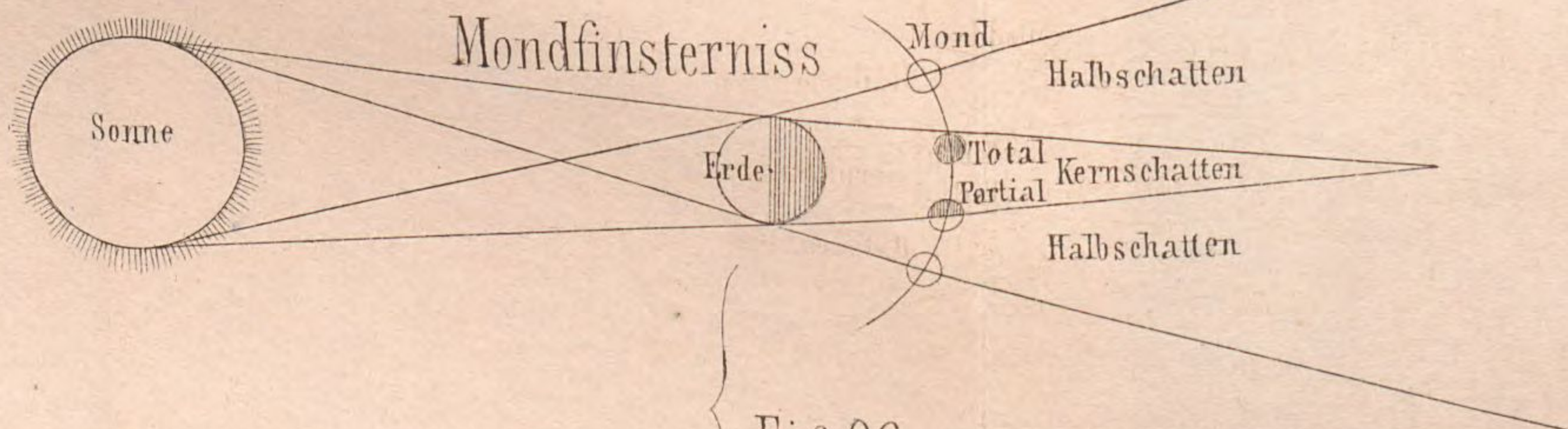


Fig. 26.

Sonnenfinsterniss

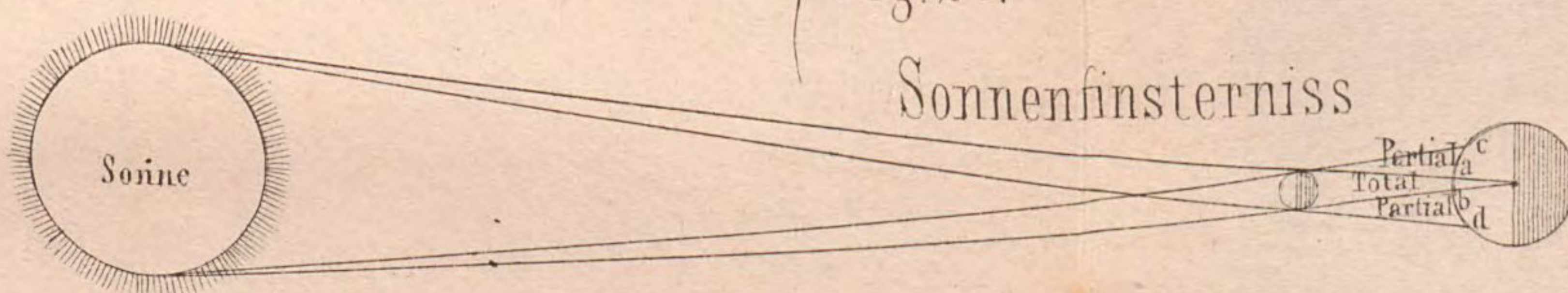


Fig. 27.

Kopernikanisches Sonnensystem

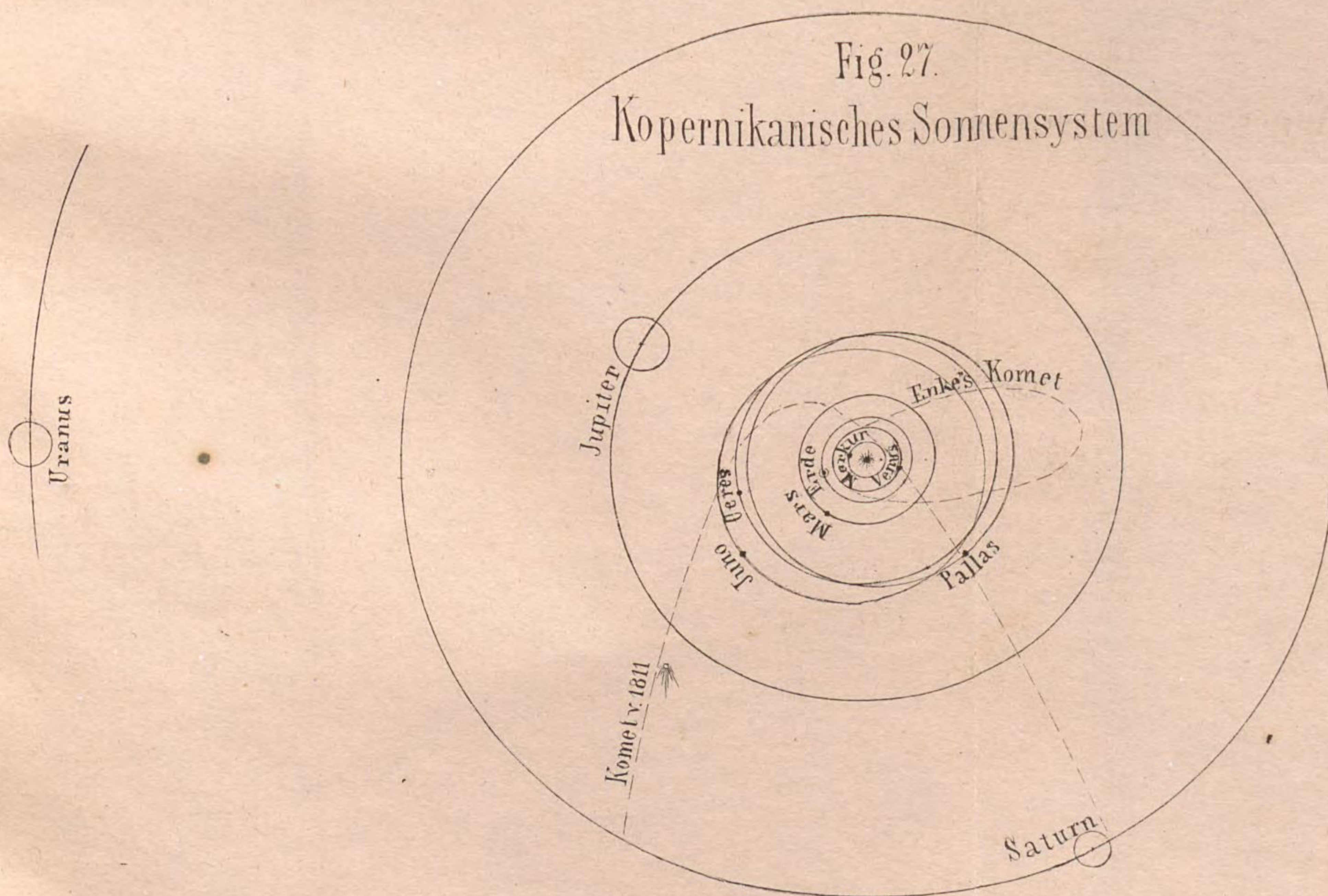


Fig. 1



Handwritten text, possibly a title or label, oriented vertically.



Fig. 2

Handwritten text, possibly a title or label, oriented vertically.

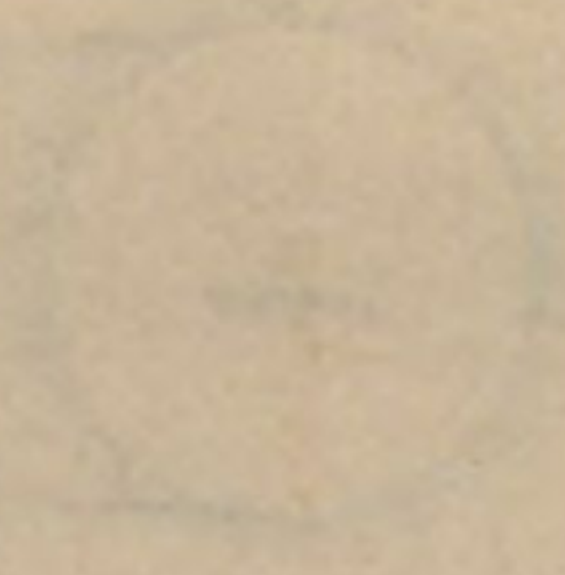


Fig. 3

Handwritten text, possibly a title or label, oriented vertically.



Fig. 28.
Ptolemäisches Weltsystem

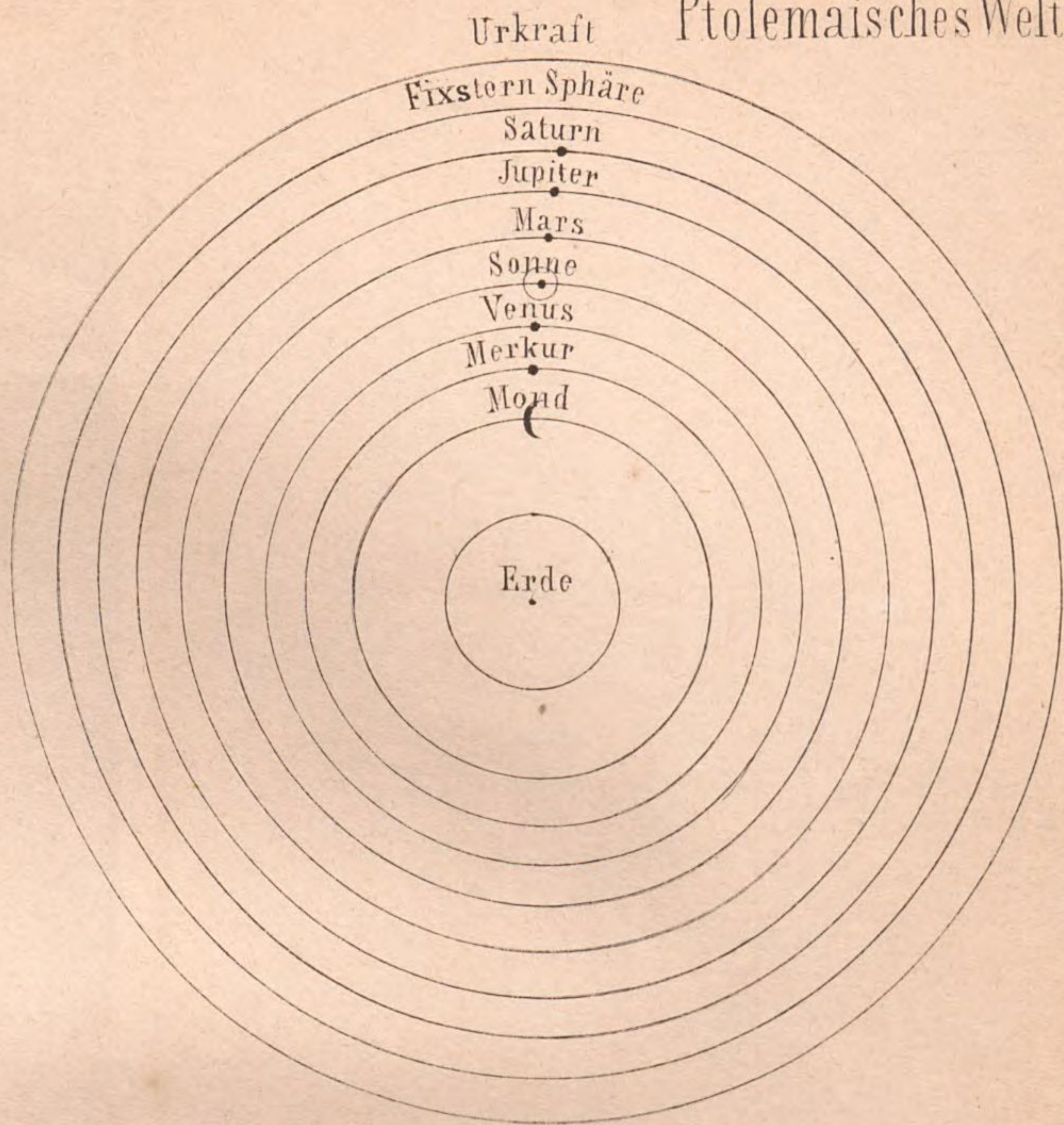
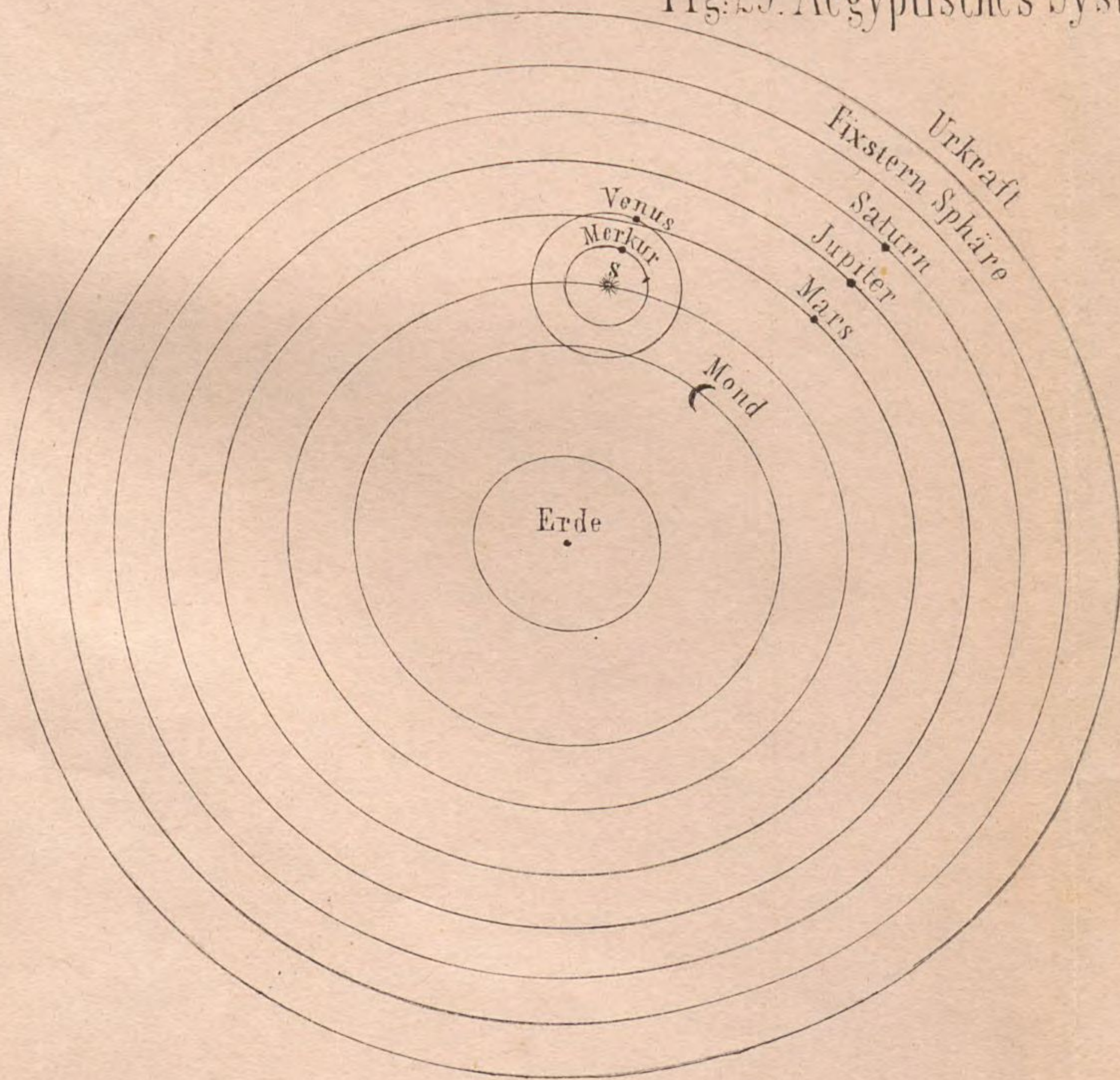
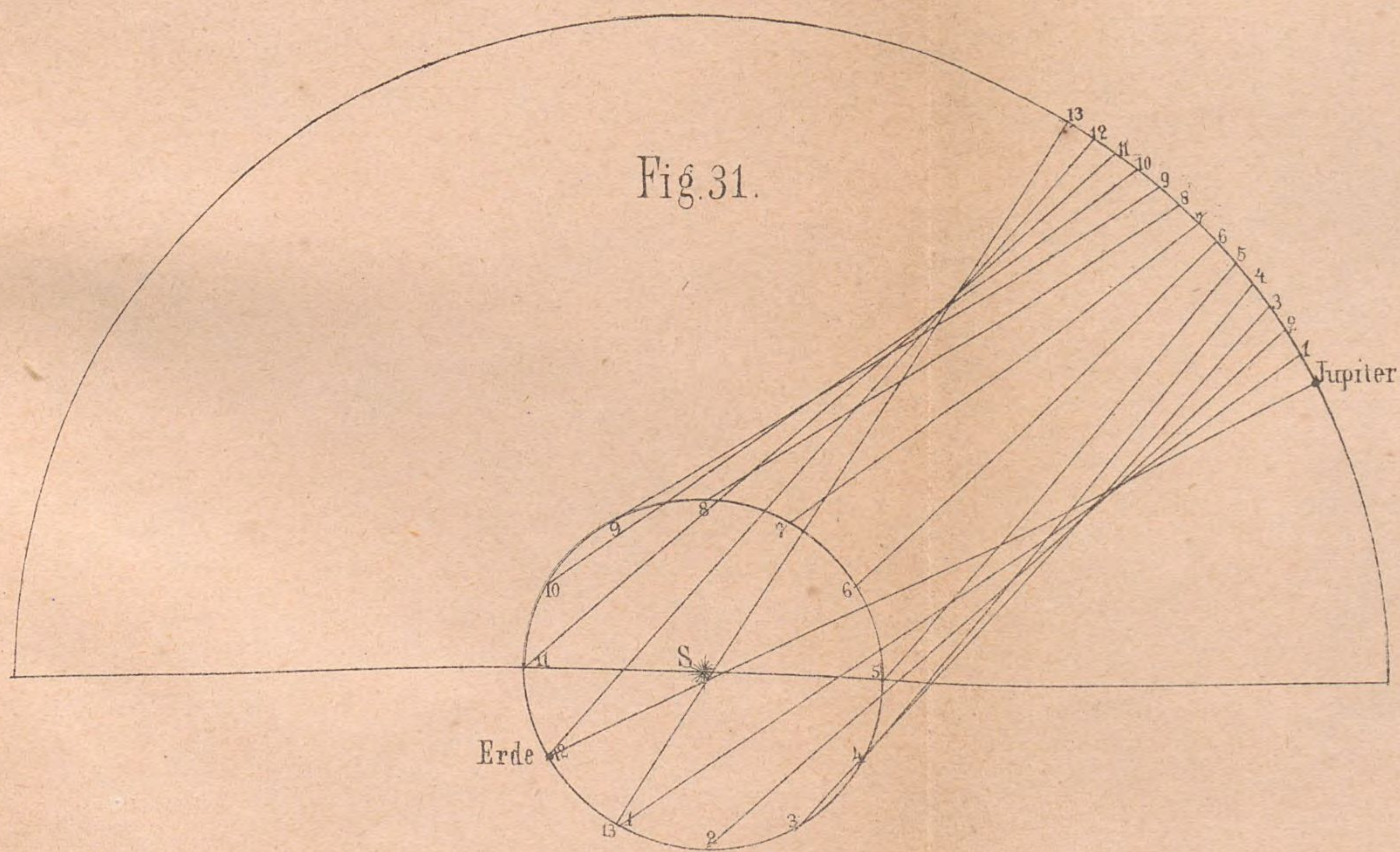
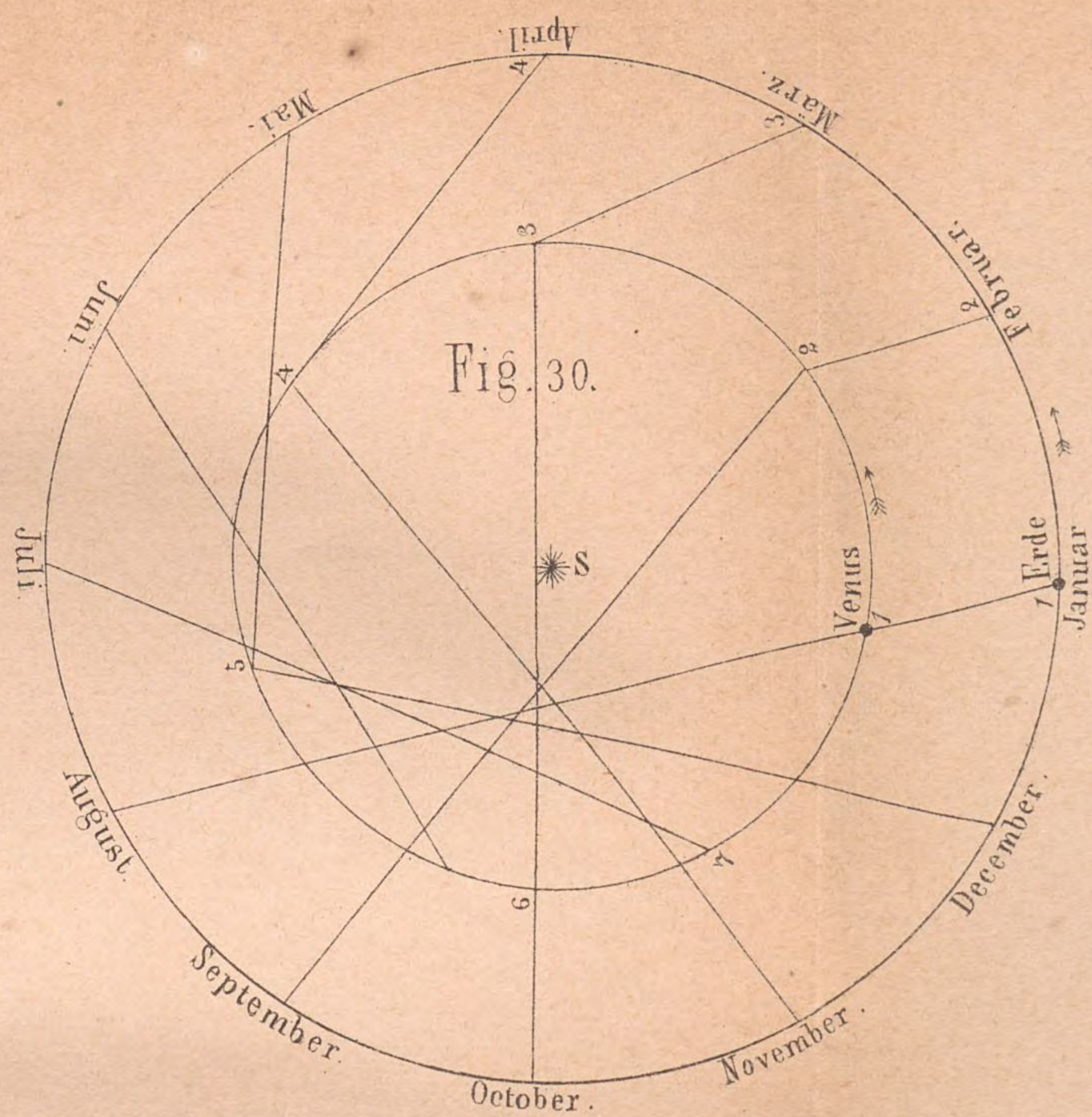


Fig. 29. Aegyptisches System





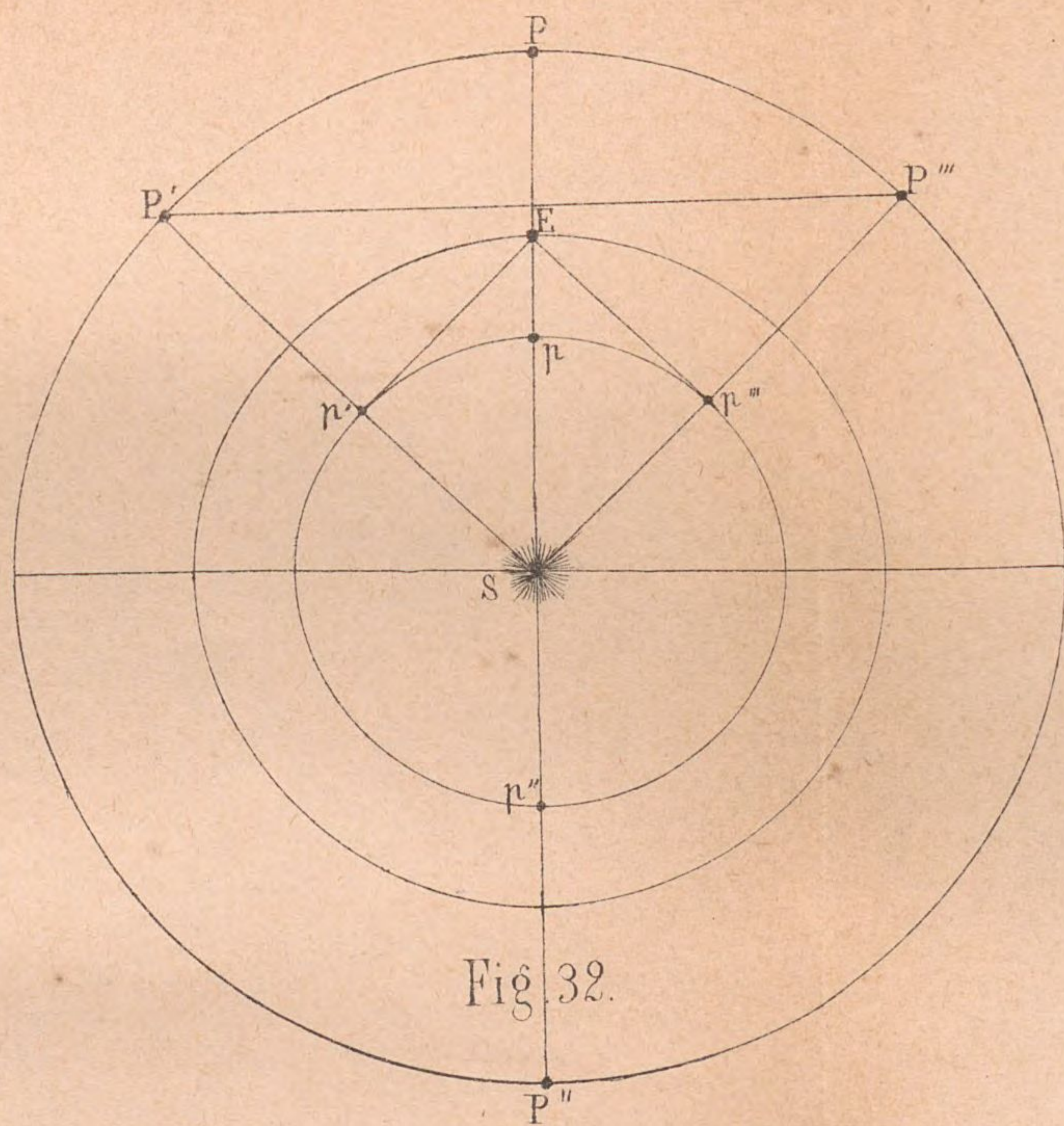


Fig. 32.

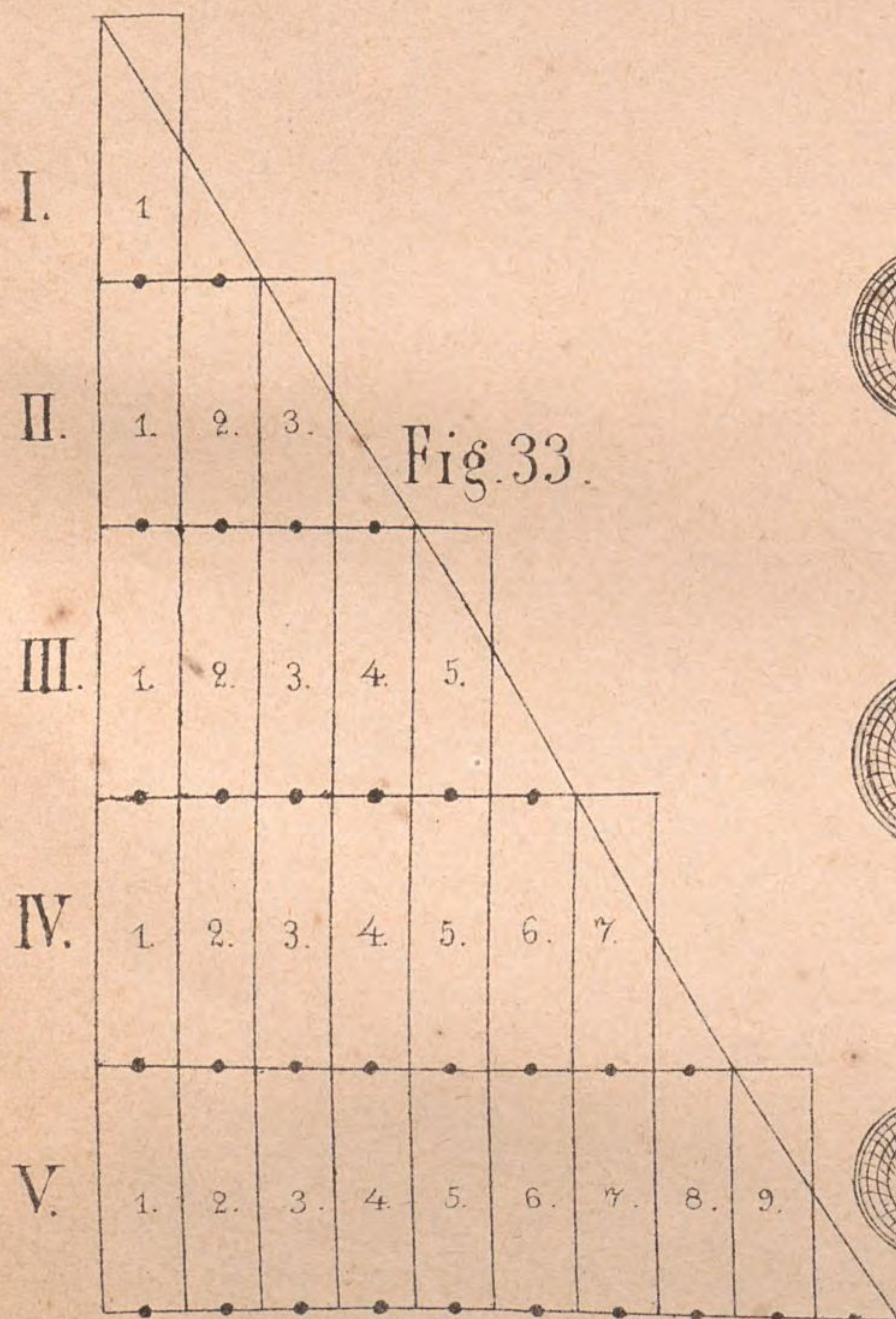


Fig. 33.

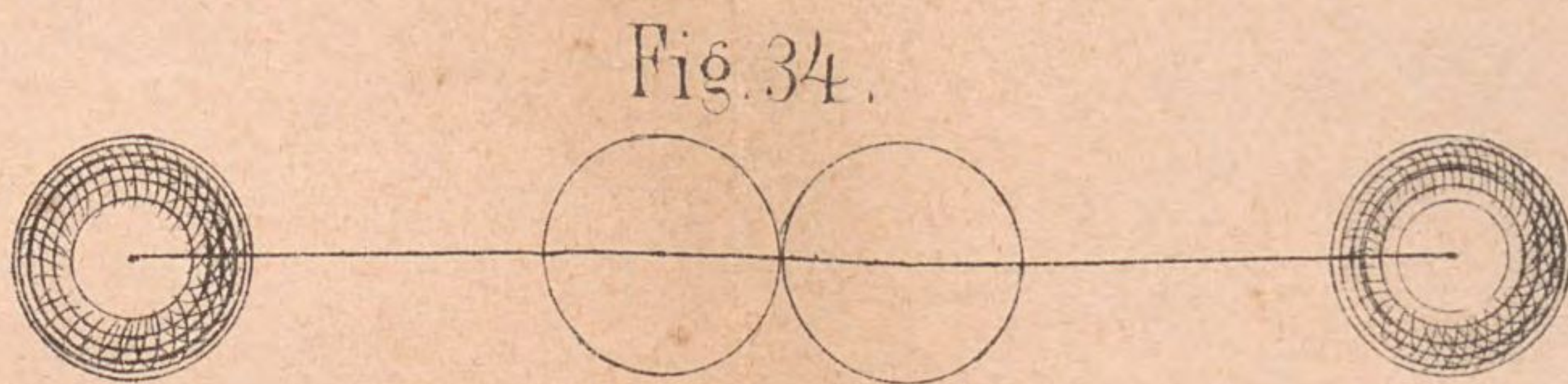


Fig. 34.

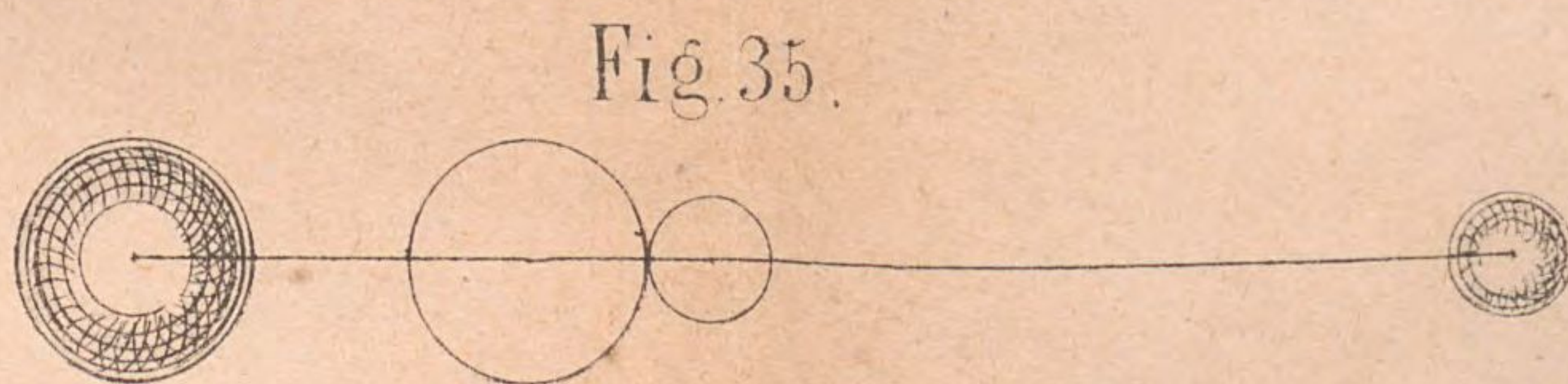


Fig. 35.

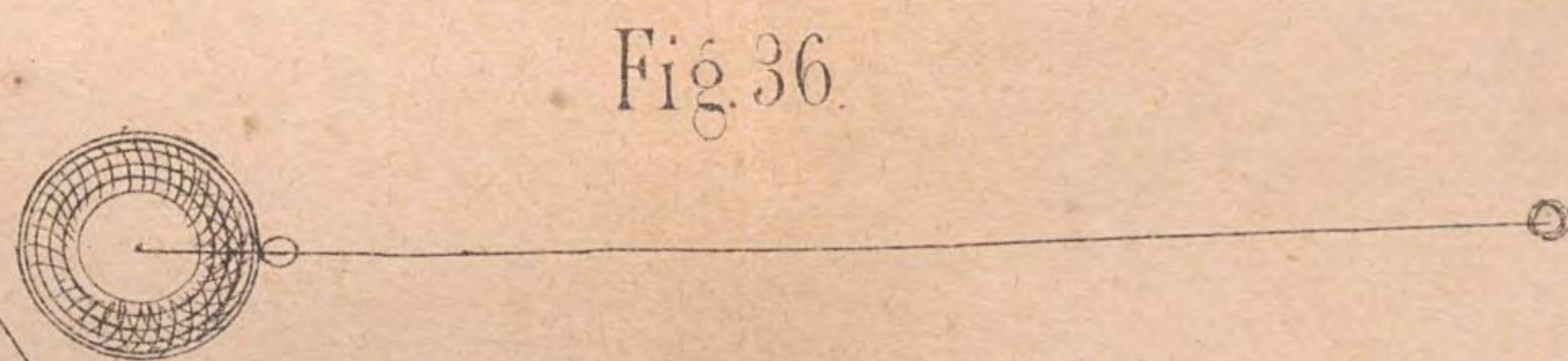


Fig. 36.

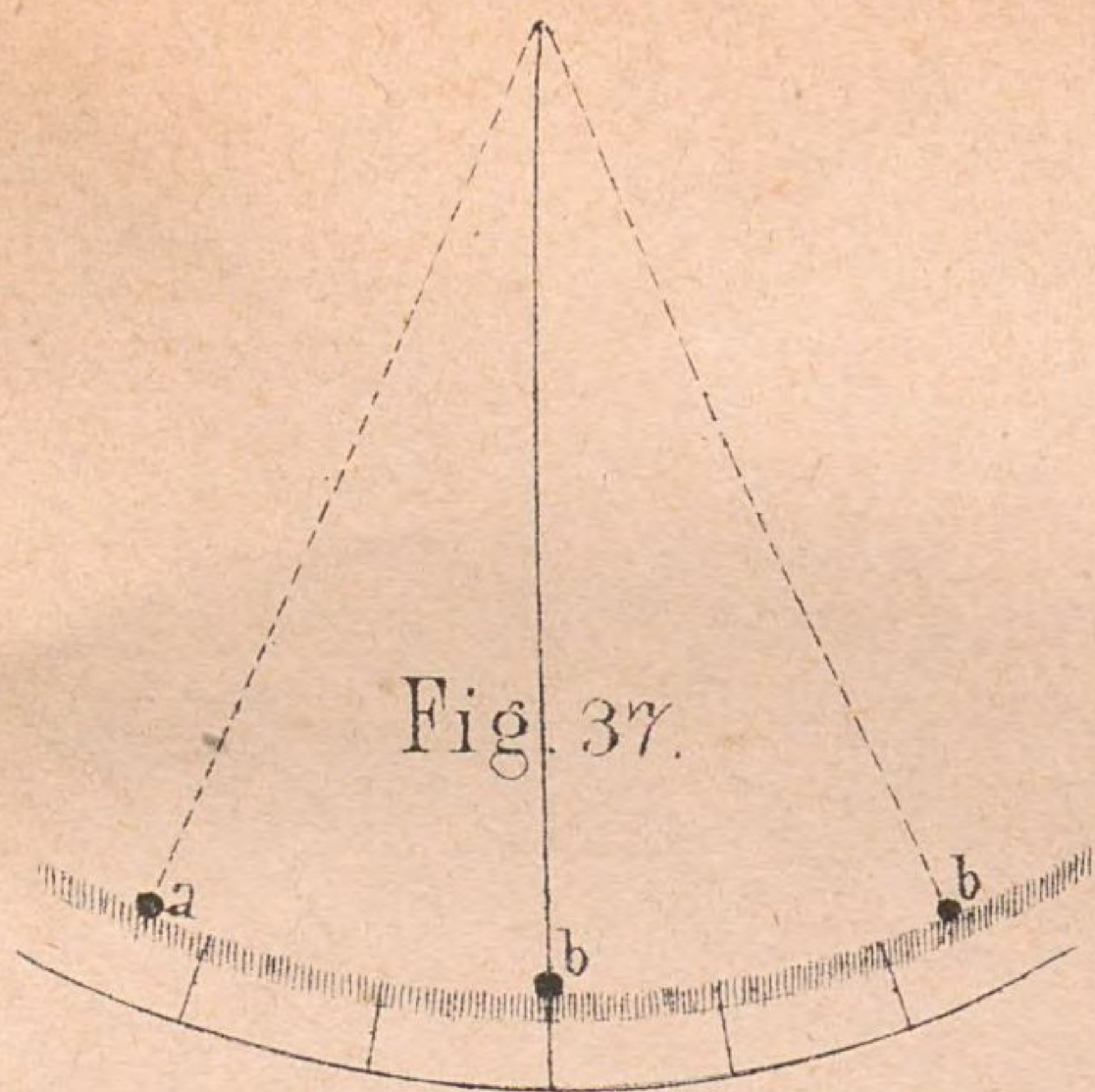
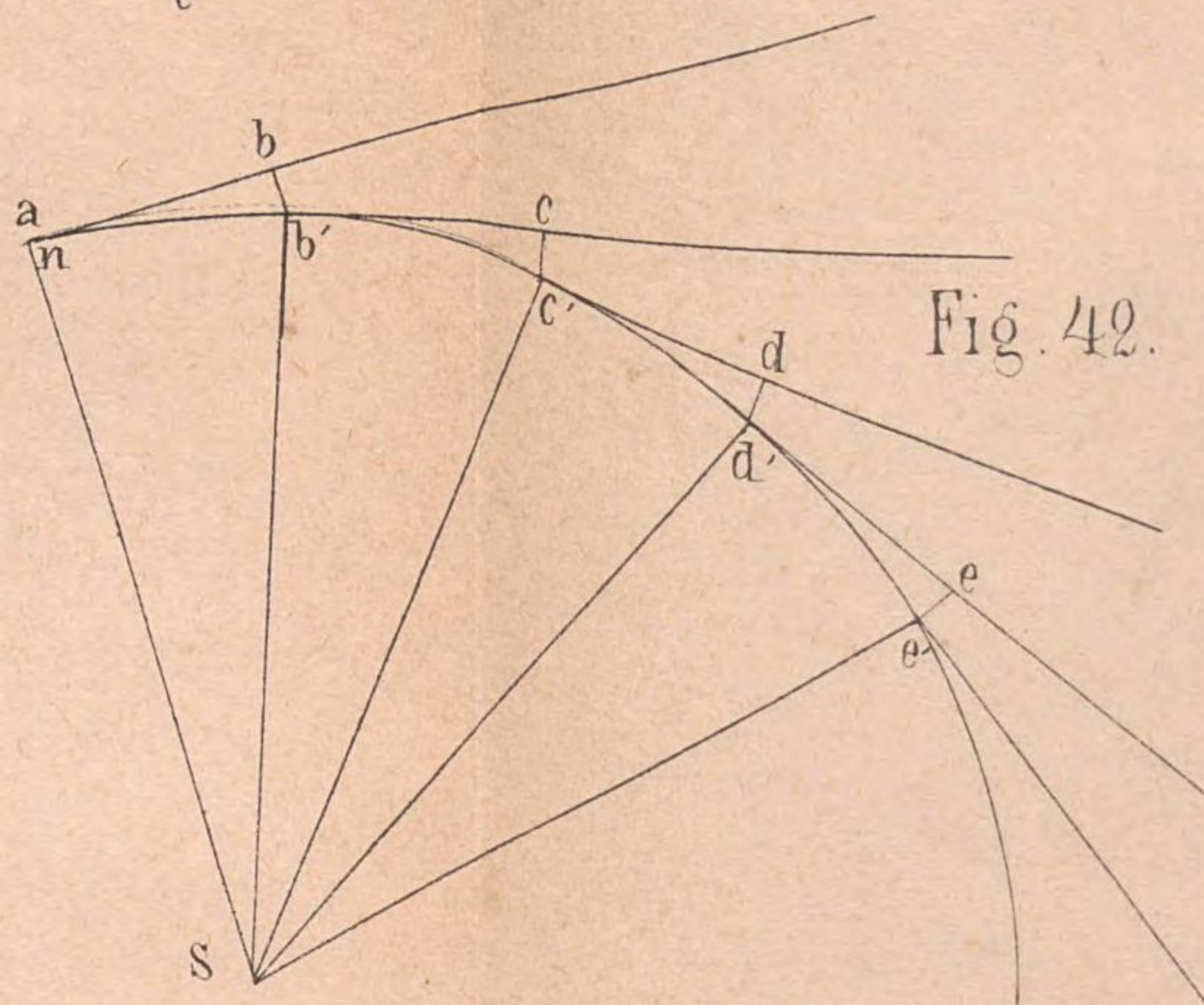
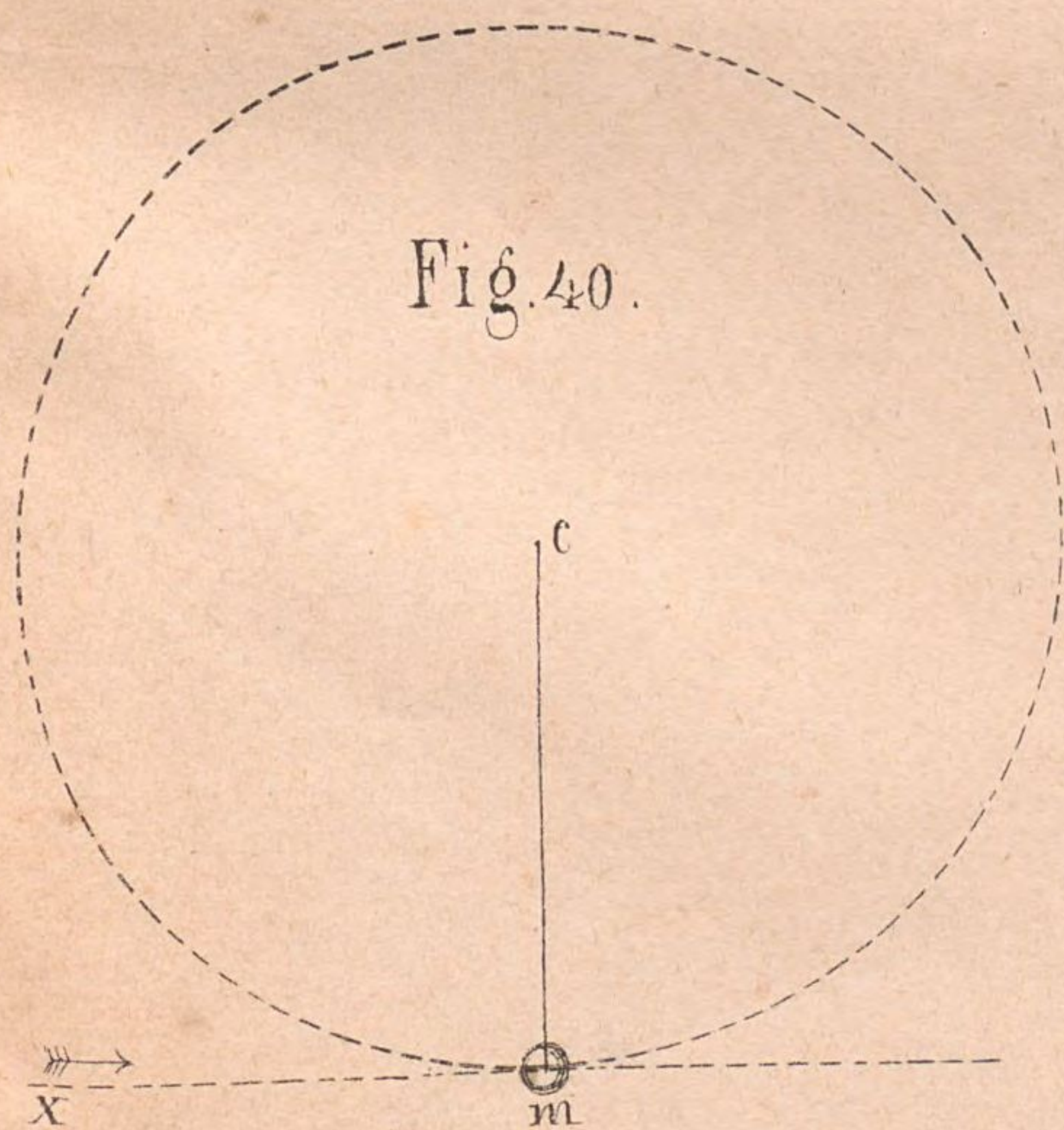
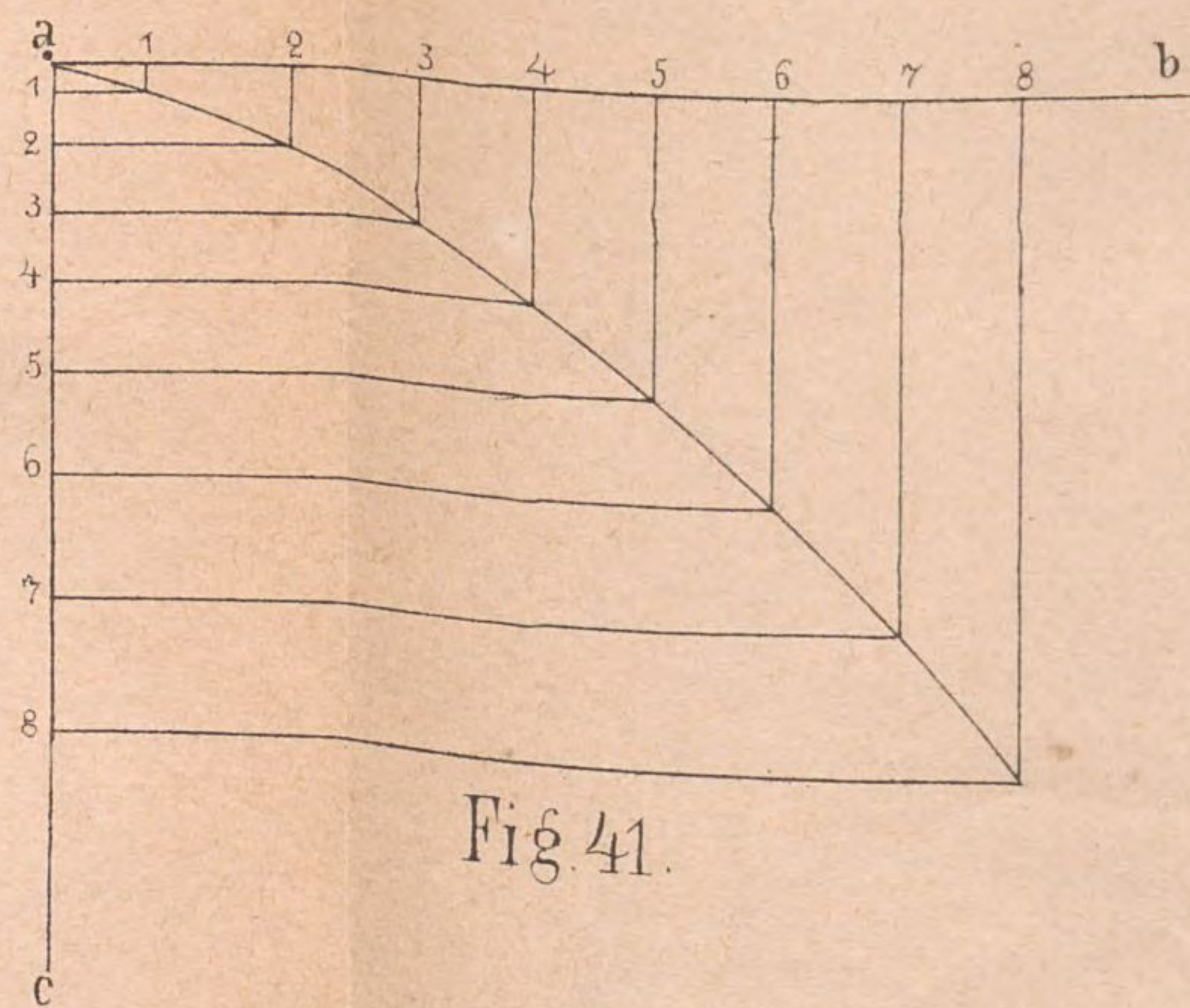
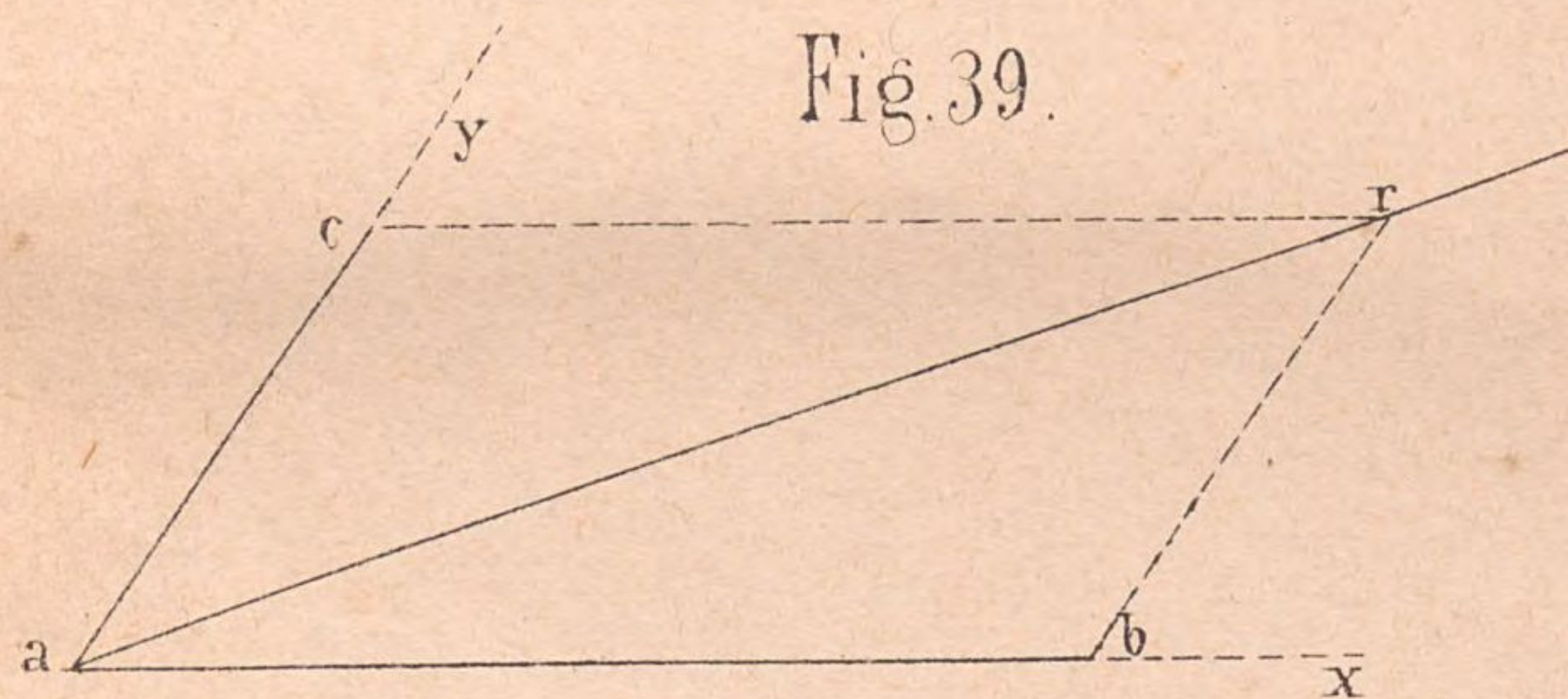
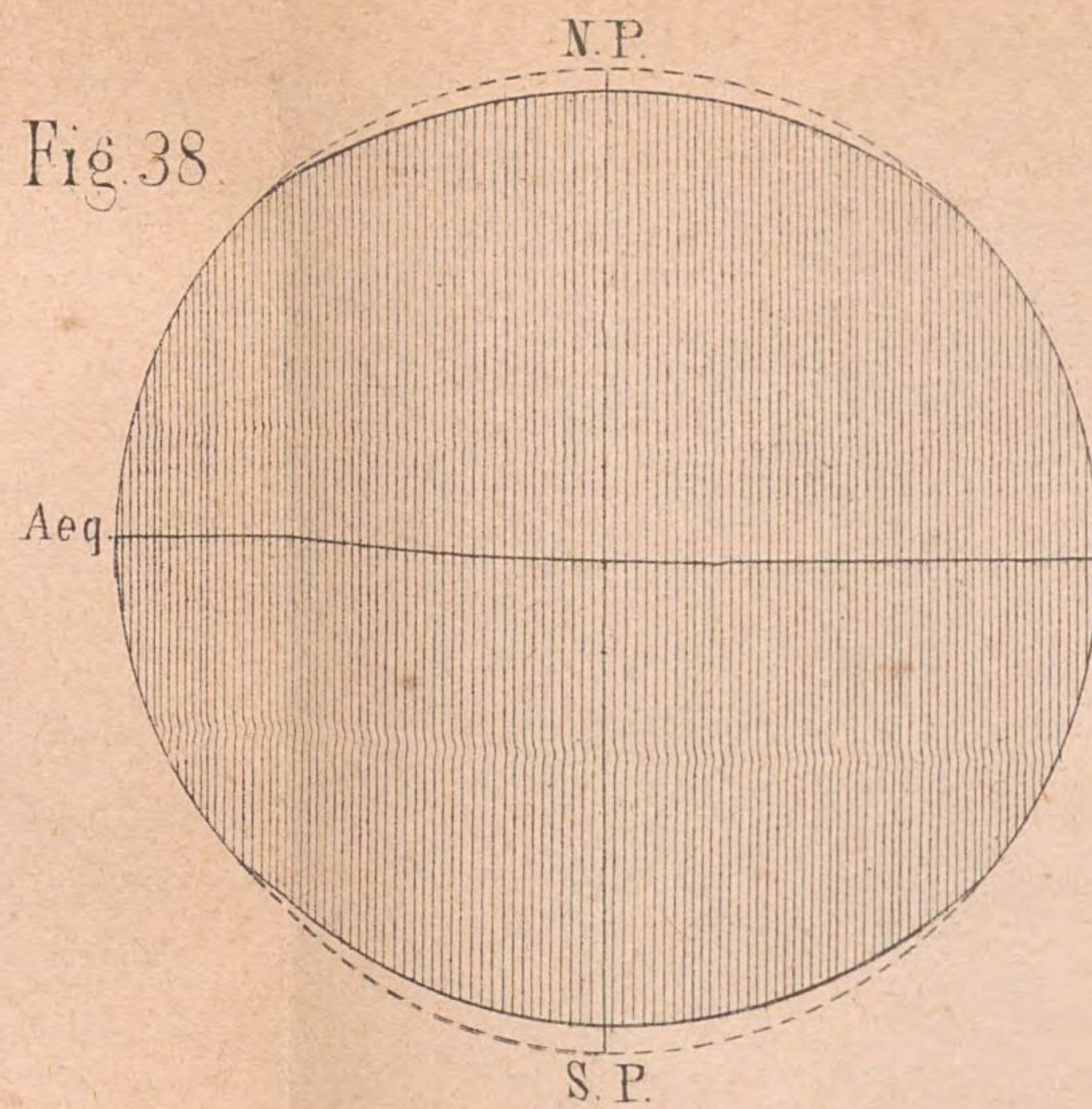
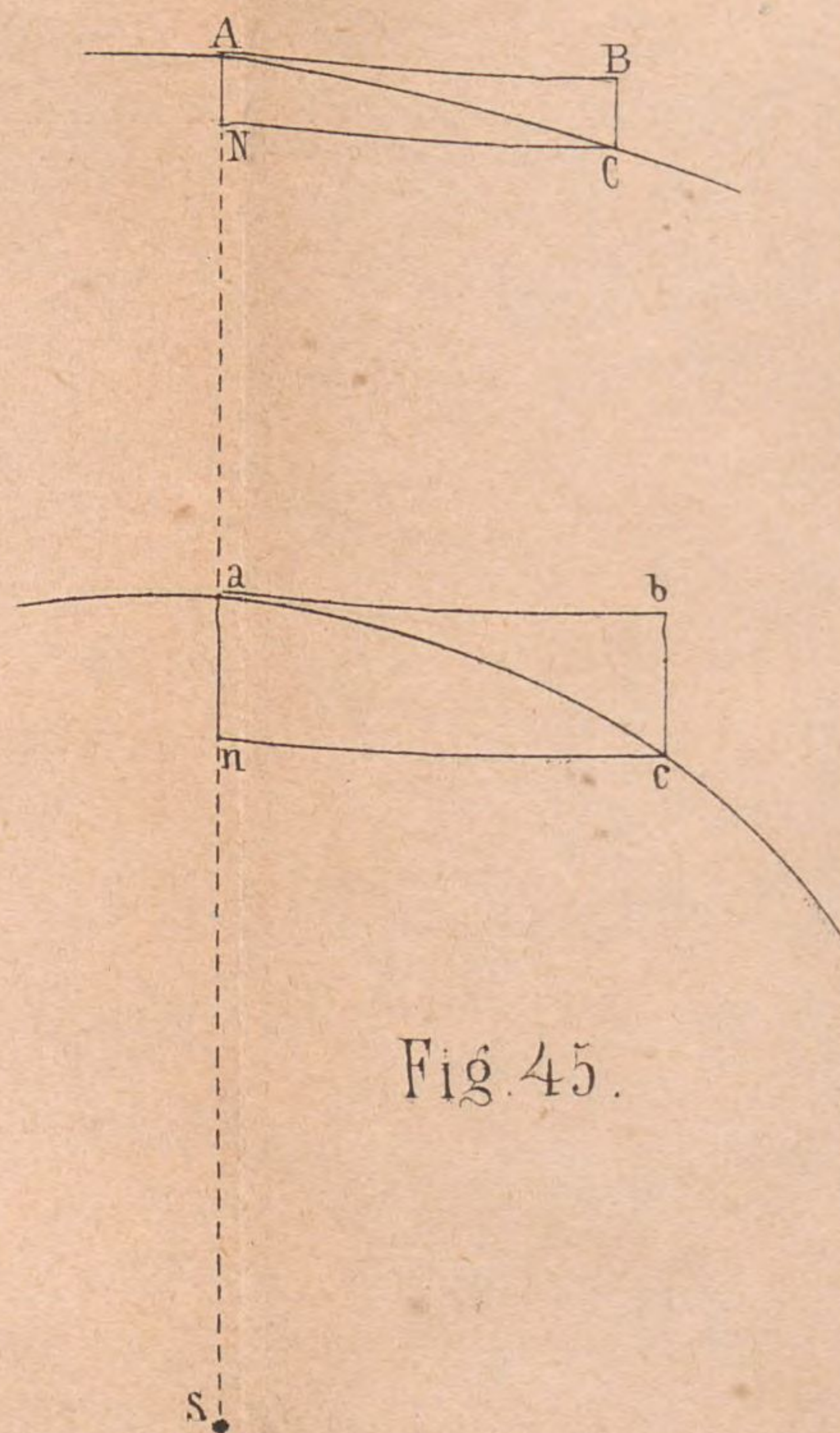
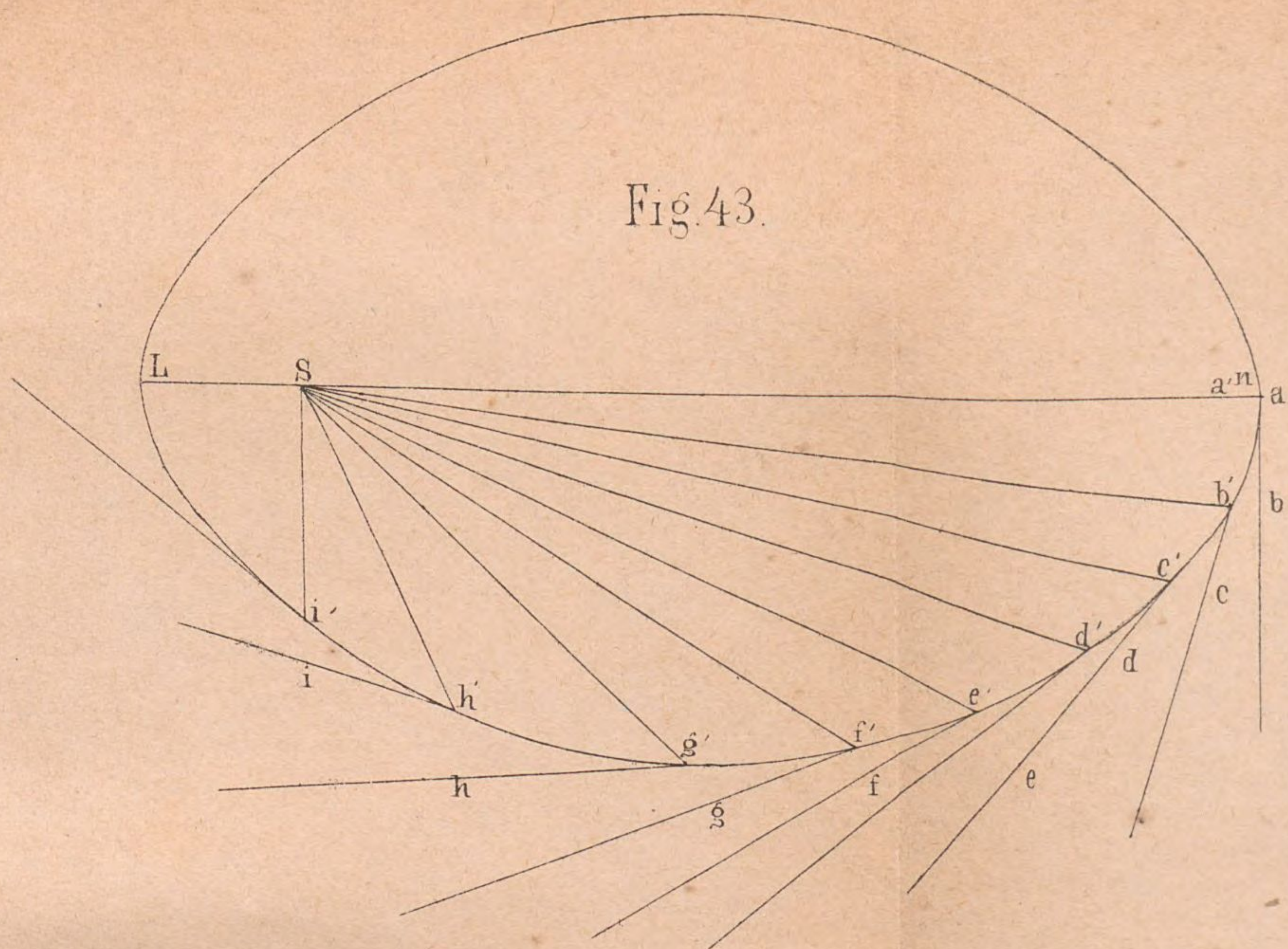


Fig. 38.





Dambeck, Karl

Methodisches Lehrbuch der mathematischen Geographie und Astronomie f.
mittl. Classen d. Gymnasien u. Realschulen

Halle 1864

Math.a. 68

urn:nbn:de:bvb:12-bsb10080653-1